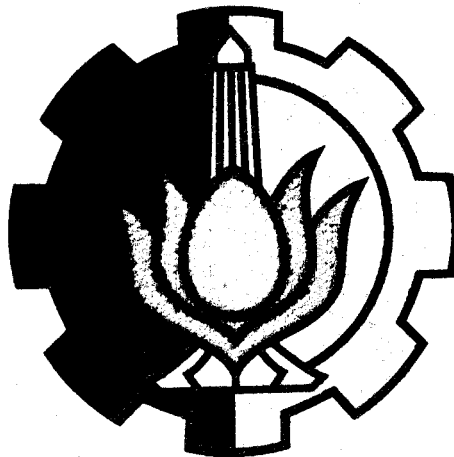


Andan

3100097009210

TUGAS AKHIR
C.N.C.

**ANALISIS
PENGARUH KONDISI PEMOTONGAN
TERHADAP KEKASARAN PERMUKAAN
PADA PROSES PEMBUATAN ALUR
DENGAN MESIN BUBUT CNC**



RSM
620.112 92
Isn
a-1
1996

Oleh :

ROKHMAN ISNGADI

2192 030 044

**PROGRAM STUDI DIPLOMA III TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
1996**

PERPUSTAKAAN ITS	
Tgl. Terima	03 MAR 1997
Terima Dari	H
No. Agenda Prp.	6920

**ANALISIS
PENGARUH KONDISI PEMOTONGAN
TERHADAP KEKASARAN PERMUKAAN
PADA PROSES PEMBUATAN ALUR
DENGAN MESIN BUBUT CNC**

TUGAS AKHIR

Diajukan Guna Memenuhi Sebagian Persyaratan
Untuk Menyelesaikan Studi
Program Studi Diploma 3 Teknik Mesin
Fakultas Teknologi Industri
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya

Mengetahui dan Menyetujui
Dosen Pembimbing
Surabaya, 11 Oktober 1996



Ir. Sugijantono
NIP. 131 618 499

SURABAYA

OKTOBER 1996

ABSTRAKSI

Kualitas suatu benda kerja hasil suatu proses permesinan, termasuk didalamnya mesin CNC, ditentukan oleh beberapa kriteria. Salah satu kriteria tersebut adalah kekasaran permukaan.

Ada beberapa faktor yang berpengaruh terhadap kekasaran permukaan, diantaranya adalah kecepatan pemakanan, kecepatan pemotongan dan waktu tinggal diam. Ketiga faktor inilah yang akan dilihat sejauh mana pengaruhnya terhadap kekasaran permukaan, yang dalam hal ini pada proses pembuatan alur dengan mesin bubut CNC.

Untuk mengetahui pengaruh kondisi pemotongan tersebut terhadap kekasaran permukaan dilakukan percobaan dengan menggunakan mesin bubut CNC EMCOTURN 242-T dengan benda kerja baja AISI 1045 dengan menggunakan pahat insert dari karbida. Kondisi pemotongannya adalah $F = (0.05; 0.062; 0.075) \text{ mm/rev}$; $V = (50; 55; 60) \text{ m/min}$ dan $D_4 = (1; 3; 5) \text{ detik}$.

Analisis data hasil percobaan dan pengukuran dilakukan dengan alat bantu software Statgraf 5.0. Dari hasil analisis didapatkan model persamaan regresi yang menghubungkan antara kondisi pemotongan tersebut dengan kekasaran permukaan. Model persamaan tersebut adalah sebagai berikut :

- untuk permukaan alur :

$$\ln Ra = 12.195 + 1.382 \ln F - 1.388 \ln V - 0.302 \ln D_4$$

- untuk tepi alur :

$$\ln Ra = 9.536 + 1.531 \ln F - 1.162 \ln V + 0.198 \ln D_4$$

Model persamaan regresi tersebut berlaku ideal di dalam dan di sekitar ruang contohnya.

Hasil terbaik dalam percobaan ini adalah :

- untuk permukaan alur dengan nilai $Ra = 1.4 \mu\text{m}$ yaitu pada kondisi

$F = 0.05 \text{ mm/rev}$; $V = 60 \text{ m/min}$ dan $D_4 = 5 \text{ detik}$.

- untuk tepi alur dengan nilai $Ra = 1.44 \mu\text{m}$ yaitu pada kondisi

$F = 0.05 \text{ mm/rev}$; $V = 60 \text{ m/min}$ dan $D_4 = 1 \text{ detik}$.

KATA PENGANTAR

Tiada yang pantas terucap selain rasa syukur kehadiran Allah SWT atas anugerah, taufik, hidayah dan inayah-Nya dengan terselesaikannya Tugas Akhir ini yang berjudul :

ANALISIS PENGARUH KONDISI PEMOTONGAN
TERHADAP KEKASARAN PERMUKAAN
PADA PROSES PEMBUATAN ALUR
DENGAN MESIN BUBUT CNC

Dalam penulisan tugas akhir ini, kami berusaha semaksimal mungkin untuk menguraikan serta menganalisa hal-hal yang berkaitan dengan materi Tugas Akhir ini. Tugas Akhir ini merupakan salah satu syarat untuk melengkapi kurikulum pendidikan Program Studi Diploma 3 Teknik Mesin FTI-ITS.

Tak lupa kami ucapkan terima kasih yang sedalam-dalamnya atas nasehat, dorongan, saran dan kritik yang diberikan oleh semua pihak yang telah membantu kelancaran penulisan Tugas Akhir ini, yang diantaranya :

1. Bapak Ir. Sugijanto, selaku dosen pembimbing.
2. Bapak DR.Ir. Soeharto, DEA , selaku Ketua Program Studi D3 Teknik Mesin.
3. Bapak Ir. Edy Widyono, M.Sc., selaku koordinator Tugas Akhir.
4. Bapak Drs. Lilih, selaku Kepala Bengkel CNC di BLPT Surabaya.
5. Bapak Ir. Tarmadji, selaku Kepala Bengkel CNC di BLK Surabaya.

6. Sdr. Wahyu Wibowo, atas bantuannya dalam pengolahan dan
penganalisisan data.

7. Seluruh rekan-rekan yang tidak bisa saya sebutkan namanya satu per
satu.

Semoga tulisan ini berguna dan bermanfaat bagi semua pihak yang membacanya.

Surabaya, Oktober 1996

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL

LEMBAR PENGESAHAN

ABSTRAKSI

KATA PENGANTAR

DAFTAR ISI

DAFTAR GAMBAR

DAFTAR TABEL

DAFTAR GRAFIK

BAB 1. PENDAHULUAN.....	1
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Permasalahan.....	2
1.3. Batasan Masalah.....	3
1.4. Tujuan Penelitian.....	4
1.5. Metodologi Penelitian.....	5
1.6. Sistematika Laporan.....	6
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA.....	7
2.1. Elemen Dasar Proses Permesinan.....	7
2.2. Proses Permesinan Mesi Bubut.....	8

2.2.1. Geometri Terbentuknya Geram.....	10
2.2.2. Kondisi Pemotongan.....	12
2.2.3. Material, Elemen dan Umur Pahat.....	14
2.3. Kekasaran Permukaan.....	17
2.4. Dasar-dasar CNC.....	21
2.4.1. Bentuk Cara Pengendalian.....	22
2.4.2. Sistem Koordinat.....	24
2.4.3. Komponen Sistem Kontrol.....	25
2.4.4. Struktur Program.....	26
2.4.5. Ketentuan-ketentuan Sintaksis.....	27
2.4.6. Uraian Singkat Tentang Adres-adres.....	29
2.4.7. Fungsi-fungsi Tetap Berlaku.....	31
2.5. Metode Analisis.....	32
2.5.1. Analisis Variansi Faktorial.....	32
2.5.2. Analisis Regresi.....	37
2.5.2.1. Regresi Linier Multipel.....	38
2.5.2.2. Pengujian Model Regresi.....	39
2.5.2.3. Pengujian Koefisien Regresi.....	40
2.5.2.4. Pengujian Residual.....	41
BAB 3. Metode Dan Hasil Percobaan.....	43
3.1. Rancangan Dasar Percobaan.....	43
3.2. Material Uji.....	43

3.3. Mesin Perkakas.....	44
3.4. Pahat.....	45
3.5. Cairan Pendingin.....	45
3.6. Peralatan Yang Dipergunakan.....	45
3.7. Prosedur Percobaan.....	47
3.7.1. Persiapan 1.....	47
3.7.2. Persiapan 2.....	48
3.7.2.1. Pengecekan Program Manual.....	48
3.7.2.2. Pengecekan Dengan Pengujian Program.....	48
3.7.3. Pelaksanaan Percobaan.....	49
3.8. Prosedur Pengukuran.....	50
3.8.1. Persiapan Pengukuran.....	50
3.8.2. Pelaksanaan Pengukuran.....	50
3.9. Data Hasil Pengukuran.....	52
3.9.1. Permukaan Alur.....	52
3.9.2. Tepi Alur.....	53
BAB 4. ANALISIS DATA DAN PEMBAHASAN.....	54
4.1. Analisis Variansi	61
4.1.1. Untuk Permukaan Alur	61
4.1.2. Untuk Tepi Alur	62
4.2. Analisis Regresi	63
4.2.1. Untuk Permukaan Alur	63

4.2.2. Untuk Tepi Alur.....	64
BAB 5. KESIMPULAN.....	66
PENUTUP.....	67
DAFTAR PUSTAKA	68
LAMPIRAN	70

DAFTAR GAMBAR

1. Proses Membubut	9
2. Pembentukan Continuous Chip	11
3. Penumpukan metal pada ujung pahat potong.....	11
4. Pembentukan discontinuous chip	12
5. Elemen-elemen pahat bubut	16
6. Grafik centerline	19
7. Profil nominal dan terukur	20
8. Surface roughness tester Mitutoyo 301.....	40
9. Material uji	47

DAFTAR TABEL

1. Ringkasan bentuk pengendalian.....	23
2. Analisis Variansi.....	34
3. Tabel Percobaan.....	47
4. Analisis Variansi untuk permukaan alur.....	61
5. Analisis Variansi untuk tepi alur.....	62
6. Analisis Variansi Regresi untuk permukaan alur.....	63
7. Hasil fitting model untuk permukaan alur.....	64
8. Analisis Variansi Regresi untuk tepi alur.....	64
9. Hasil fitting model untuk tepi alur.....	64

DAFTAR GRAFIK

1. Karakteristik Hubungan Antara Kecepatan Pemotongan Dengan Kekasaran Permukaan.....	12
2. Karakteristik Hubungan Antara Kecepatan Pemakanan Dengan Kekasaran Permukaan.....	13
3. Karakteristik Hubungan Antara Kedalaman Pemotongan Dengan Kekasaran Permukaan.....	14
4. Grafik Distribusi Normal Untuk Permukaan Alur.....	55
5. Grafik Distribusi Normal Untuk Tepi Alur.....	56
6. Grafik Identik Untuk Permukaan Alur.....	57
7. Grafik Identik Untuk Tepi Alur.....	58
8. Grafik Independen Untuk.....	59
9. Grafik Independen Untuk	60

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Dewasa ini perkembangan teknologi demikian pesatnya seiring dengan percepatan perkembangan di dunia informasi. Demikian pula dalam bidang teknologi permesinan dan produksi yang secara langsung maupun tidak langsung mendapat imbas dari percepatan tersebut.

Proses permesinan mengalami kemajuan yang sangat pesat seiring dengan kemajuan dalam bidang kontrol pengendali yang berbasis komputer. Diawali dari pemanfaatan kontrol numerik (Numerical Control, NC), pada mesin-mesin perkakas yang kemudian penggunaan komputer sebagai pengendali sistem kontrol numerik, yang dikenal dengan CNC (Computerized Numerical Control). Dengan sistem ini operator dapat mengendalikan seluruh gerakan seperti putaran poros utama, pemilihan pahat, pembuatan kontur-kontur yang rumit, pengontrol masukan pendingin dan semua gerakan yang mendukung suatu gerakan dalam satu rangkaian proses. Hal tersebut merupakan salah satu jawaban atas tuntutan masalah ketelitian, ketepatan kerja, efisiensi dan kualitas produk yang dihasilkan.

Banyak sekali keuntungan yang didapat dari CNC ini pada proses manufaktur, namun demikian pengadaannya bukanlah suatu hal yang murah.

Mahalnya investasi, ongkos operasi dan perawatan menyebabkan pemakaiannya harus seefisien dan seoptimal mungkin. Tanpa pemakaian secara efisien dan optimal kelebihan yang dimiliki CNC dibanding mesin konvensional tidak akan didapatkan, baik secara ekonomis maupun teknis. Oleh karena itu diperlukan penelitian dan pengembangan dari CNC ini agar semakin efisien dan optimal.

Salah satu dari mesin-mesin CNC tersebut adalah mesin bubut CNC. Proses permesinan dengan mesin bubut merupakan proses yang paling banyak dijumpai pada industri manufaktur yang menghasilkan produk yang mempunyai bentuk dan profil yang bervariasi.

Diantara proses yang dapat dilakukan pada mesin bubut CNC, sebagaimana pada mesin bubut konvensional, adalah proses pembuatan alur. Dalam proses pembuatan alur, sebagaimana proses-proses yang lain, diperlukan suatu kondisi yang optimal sehingga proses tersebut dapat menghasilkan produk yang memiliki kualitas yang optimal pula. Oleh karena itu dalam tugas akhir ini penulis mencoba meneliti seberapa besar pengaruh kondisi pemotongan terhadap kualitas produk pada proses pembuatan alur.

1.2. Permasalahan

Kualitas kekasaran permukaan dari produk yang dihasilkan suatu proses permesinan berpengaruh terhadap sifat-sifat produk tersebut.^[5] Untuk mempertahankan sifat-sifat tersebut diperlukan peningkatan kualitas

permukaan dan tidak jarang diperlukan proses lanjut (*finishing*) sehingga mengakibatkan biaya produksi meningkat. Kualitas permukaan suatu produk permesinan dipengaruhi oleh beberapa faktor, diantaranya adalah kondisi pemotongan.

Dalam penelitian ini penulis ingin mengetahui pengaruh kondisi pemotongan, dalam hal ini kecepatan makan, kecepatan potong dan waktu tinggal diam, pada proses pembuatan alur pada baja dengan menggunakan mesin bubut CNC, terhadap kualitas produk yang dalam hal ini adalah kekasaran permukaan. Sehingga diharapkan didapatkan informasi berupa data teknis hubungan antara kondisi pemotongan tersebut dengan kekasaran permukaan sebagai dasar untuk menentukan dan mengoptimasikan kondisi pemotongan untuk mendapatkan kekasaran permukaan yang diinginkan.

1.3. Batasan Masalah

1. Selama proses perautan, pahat diasumsikan tidak terjadi keausan.
2. Selama proses perautan, kenaikan temperatur tidak mempengaruhi ketajaman pahat sehingga tidak berpengaruh terhadap kekasaran permukaan yang dianalisis
3. Kondisi mesin bubut diasumsikan dalam keadaan baik, tidak mengalami penyimpangan.
4. Alat ukur yang digunakan dalam kondisi terkalibrasi dengan baik.
5. Getaran dan defleksi selama perautan diasumsikan tereliminir sehingga

tidak berpengaruh terhadap kondisi dalam penganalisisan kekasaran permukaan.

6. Benda kerja diasumsikan uniform.
7. Penganalisisan hanya sebatas pengaruh kondisi pemotongan terhadap kekasaran permukaan.

1.4. Tujuan Penelitian

Pada penelitian ini penulis ingin menjelaskan beberapa hal yang menjadi tujuan utama, yaitu :

1. Mengembangkan ilmu pengetahuan dan teknologi khususnya tentang teknologi permesinan dan pengukuran.
2. Memperoleh data-data teknis yang akurat dalam bidang teknik perautan terutama pada mesin bubut CNC, khususnya masalah hubungan kondisi pemotongan dengan kekasaran permukaan pada proses pembuatan alur.
3. Mengetahui seberapa besar pengaruh kondisi pemotongan dan seberapa besar kondisi pemotongan dapat divariabelkan untuk memperoleh angka kualitas kekasaran permukaan yang dikehendaki dan memperkecil penyimpangan.
4. Mengetahui kondisi pemotongan yang paling optimal untuk menghasilkan kekasaran permukaan yang terbaik.

1.5. Metodologi Penelitian**1. Studi Literatur.**

Mempelajari, mengumpulkan dan menyusun data-data serta melakukan pendekatan masalah dengan menggunakan literatur yang mendasari laporan Tugas Akhir.

2. Percobaan

Pada percobaan ini terlebih dahulu dipersiapkan material, pahat potong, mesin perkakas, kemudian dilakukan proses perautan

3. Pengujian

Pengujian ini berupa pengujian kekasaran permukaan dengan menggunakan Surface Tester Mitutoyo 301.

4. Pengumpulan Data

Setelah percobaan dan pengujian selesai dilakukan maka dilakukan pengumpulan data-data agar memudahkan dalam penganalisisan.

5. Analisis Data

Data-data yang telah terkumpul selanjutnya dianalisis dengan software Statgraf 5.0 serta didasari teori yang mendukung sehingga memenuhi tujuan percobaan.

6. Kesimpulan

Menyimpulkan hasil analisis.

1.6. Sistematika Penulisan

BAB I Pendahuluan

BAB II Tinjauan Pustaka

BAB III Metode dan Hasil Percobaan¹

BAB IV Analisis Data dan Pembahasan

BAB V Kesimpulan

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Elemen Dasar Proses Permesinan

Proses permesinan untuk mendapatkan produk yang diharapkan dilakukan dengan jalan meraut untuk membuang sebagian material benda kerja sampai didapatkan ukuran obyektif yang telah ditentukan. Proses pembuangan sebagian material dengan proses permesinan berawal dari adanya titik kontak antara benda kerja dengan pahat potong, sehingga gaya pemotongan yang dihasilkan dari putaran spindel menimbulkan bidang geseran antara bidang pahat potong dengan benda kerja yang pada akhirnya timbul geram, serta adanya interaksi antara empat elemen seperti pahat potong, pemegang pahat, pemegang benda kerja dan benda kerja itu sendiri sebagai obyek dalam proses permesinan.

Untuk mendukung proses tersebut perlu ditinjau aspek teknologi agar didapatkan efisiensi, ketelitian, ketepatan dan kualitas yang tinggi. Selain itu setiap perencana proses permesinan juga perlu mengetahui elemen dasar proses permesinan yang dihitung berdasarkan dimensi benda kerja dan atau pahat serta besaran dari mesin perkakas.

Elemen dasar proses permesinan tersebut meliputi :

1. Kecepatan potong (cutting speed) : V (m/min)

2. Kecepatan pemakanan (feeding speed)	V_f (mm/min)
3. Kedalaman pemotongan (depth of cut)	a (mm)
4. Waktu pemotongan (cutting time)	t_c (min)
5. Kecepatan penghasilan geram (rate of metal removal)	z (cm ³ /min)

2.2. Proses Permesinan Mesin Bubut

Proses permesinan dengan mesin bubut merupakan proses permesinan yang paling banyak dijumpai di industri manufaktur dengan menghasilkan produk yang mempunyai bentuk dan profil yang bervariasi. Pada prinsipnya untuk menghasilkan komponen dengan bentuk dan profil yang bervariasi tersebut melalui proses permesinan mesin bubut, diperlukan dua gerakan utama meliputi :

1. Gerak potong (cutting motion), dengan arah gerakan berputar searah jarum jam maupun berlawanan, yang dilakukan oleh benda kerja akibat berputarnya poros utama atau spindel.
2. Gerak pemakanan (feed motion), dengan arah gerakan lurus searah sumbu mesin atau arah X dan Z yang dilakukan oleh pahat potong akibat dari bergesernya kereta dan apron (carriage and apron) dan peluncur silang (cross slide).

Elemen dasar dari proses turning dapat diketahui dan dihitung dengan menggunakan rumus-rumus yang diturunkan dari gambar 1. kondisi pemotongan ditentukan sebagai berikut :

1. Benda kerja

d_0 = diameter mula ; mm

d_m = diameter akhir ; mm

l_1 = panjang pemotongan ; mm

2. Pahat potong :

K_r = sudut potong utama ; °

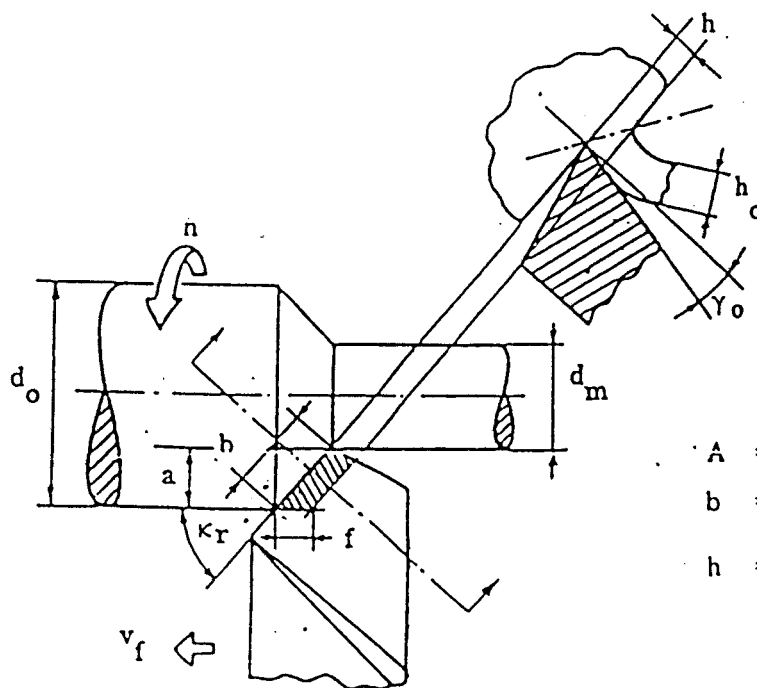
γ_0 = sudut geram ; °

3. Mesin bubut

a = kedalaman pemotongan = $(d_0 - d_m) / 2$; mm

f = gerak makan ; mm/rev

n = putaran poros utama ; rev/min



$$\begin{aligned} A &= a \cdot f = b \cdot h \\ b &= a / \sin \kappa_r \\ h &= f \sin \kappa_r \end{aligned}$$

Gb. 1. Proses membubut

Elemen dasar proses bubut dapat diketahui dan dihitung dengan rumus-rumus berikut :

$$1. \text{ Kecepatan pemotongan } V = \frac{\pi d n}{1000} \text{ m/min, dimana } d = \text{diameter rata-rata}$$

$$= (d_o + d_m) \text{ mm}$$

$$2. \text{ Kecepatan pemakanan } V_f = f.n \text{ mm/min}$$

$$3. \text{ Daya pemotongan } Hp = \frac{V.K.a.f}{75.60} \text{ Hp}$$

dimana K = cutting resistance kg/mm²

$$4. \text{ Waktu pemotongan } t_c = l_t / V_f$$

$$5. \text{ Kecepatan pembuangan geram } Z = A . V$$

dimana A = penampang awal geram = $f . a \text{ mm}^2$

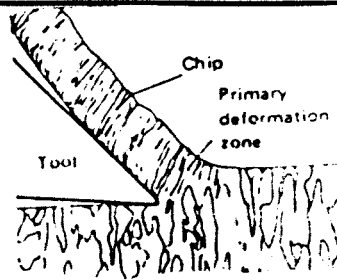
maka $Z = f . a . V \text{ cm}^3 / \text{min}$

2.2.1. Geometri Terbentuknya Geram

Dalam proses permesinan terbentuknya geram dapat diklasifikasikan menjadi tiga, yaitu :

1. Continuous Chip

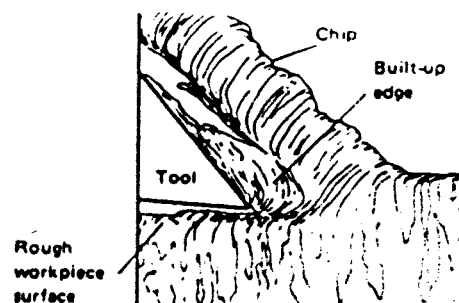
Geram tipe ini terbentuk oleh proses permesinan pada material yang ulet (ductile) dan pada kecepatan potong yang tinggi serta kecepatan pemakanan yang lambat. Biasanya tipe geram ini menghasilkan kualitas permukaan akhir / lebih halus, umumnya geram ini ikut bersama-sama pahat yang kemudian terpisah, tetapi geramnya sendiri terus bersambung membentuk gulungan geram panjang berbentuk spiral atau lurus panjang.

Gb. 2 Pembentukan continuous chip^[1]

2. Continuous Chip dengan Built Up Edge (BUE)

Geram tipe ini terbentuk oleh proses permesinan pada material yang ulet (ductile) dengan kecepatan pemotongan rendah dengan aliran metal yang kurang teratur serta daya adhesi atau afinitas antara material benda kerja dan pahat cukup kuat sehingga terbentuk penumpukan lapisan material benda kerja pada bidang geram di daerah dekat mata potong pahat.

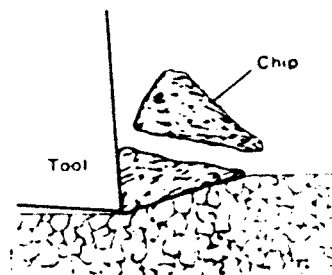
Built up edge ini menyebabkan permukaan hasil proses permesinan (surface finish) menjadi lebih kasar, dan hal ini dapat dihilangkan dengan menaikkan kecepatan potong sekitar 20 - 30 m/min, dapat juga lebih rendah atau lebih tinggi dari harga tersebut tergantung dari gerak pemakanan dan afinitas antara pahat dengan geram.

Gb. 3. Penumpukan metal chip pada mata potong^[1]

3. Discontinuous Chip

Geram tipe ini terbentuk oleh proses permesinan pada material yang rapuh (brittle material) seperti gray cast iron. Bentuk geram ini adalah

terputus-putus dimana segmen-segmennya tidak terikat satu dengan yang lainnya, hal ini disebabkan oleh distorsi pada bagian logam yang berdekatan dengan pahat menghasilkan retak dan terlempar dari pahat akibat struktur material brittle yang tidak kontinu. Dalam hal ini kekasaran hasil pemrosesan tergantung pada ukuran chip, semakin besar chip semakin kasar permukaan, begitu pula sebaliknya.

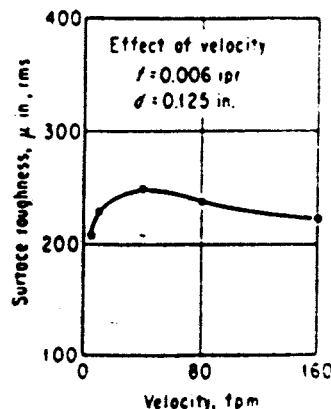


Gb. 4. Pembentukan discontinuous chip ^[1]

2.2.2. Kondisi Pemotongan

2.2.2.1. Kecepatan Pemotongan

Karakteristik hubungan antara kondisi permukaan dengan kecepatan ditunjukkan pada grafik berikut.



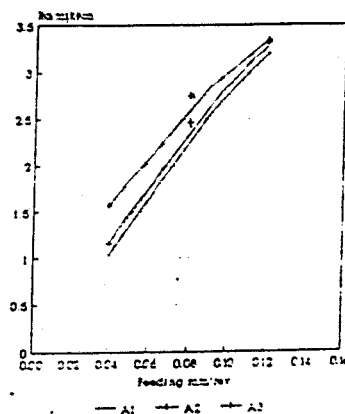
Grafik 1. Karakteristik hubungan antara kecepatan potong dan kekasaran permukaan (material benda kerja AISI 1020) ^[5]

Terlihat pada grafik tersebut bahwa pada kecepatan pemotongan rendah kekasaran permukaan bertambah besar dikarenakan pada kondisi tersebut

mudah sekali terbentuk geram dengan Built Up Edge dan ini berangsur-angsur turun dan mencapai kondisi stabil pada kecepatan pemotongan tinggi karena BUE pada kondisi ini berangsur-angsur hilang.

2.2.2.2. Kecepatan Pemakanan

Karakteristik hubungan antara kekasaran permukaan dengan kecepatan pemakanan ditunjukkan pada grafik berikut.



Grafik 2. Karakteristik hubungan antara feeding dan kekasaran permukaan (material benda kerja AISI 1045) [13]

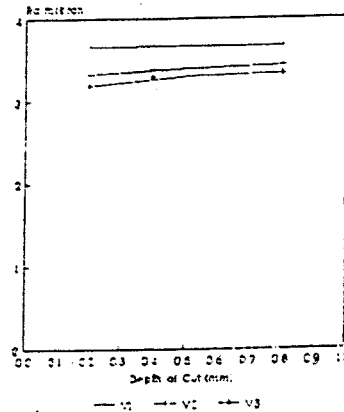
Dari grafik di atas dapat dimengerti bahwa kenaikan kekasaran permukaan sebanding dengan kenaikan kecepatan pemakanan.

2.2.2.3. Kedalaman Pemotongan

Karakteristik hubungan antara kekasaran permukaan dengan kedalaman pemotongan ditunjukkan pada grafik 3.

Terlihat bahwa kenaikan kedalaman pemotongan hanya sedikit mempengaruhi kekasaran permukaan. Pada penelitian ini kedalaman

pemotongan tidak dijadikan variabel yang diperhitungkan karena dalam proses grooving kedalaman pemotongan berubah secara periodik.



Grafik 3. Karakteristik hubungan antara kedalaman pemotongan dan kekasaran permukaan (material benda kerja AISI 1045) ^[13]

2.2.3. Material, Elemen Dan Umur Pahat

2.2.3.1. Material Pahat

Selama proses pembentukan geram, pahat mengalami tekanan dan temperatur yang tinggi. Gesekan antara geram dengan pahat menyebabkan keausan pada bidang muka dan bidang potong utama pahat hingga mengubah bentuk mata potong pahat yang akhirnya menimbulkan gaya-gaya pemotongan yang besar sehingga mempengaruhi kualitas permukaan benda kerja. Suatu pahat dikatakan telah mengalami batas umur apabila batasan-batasan seperti kehalusan permukaan, toleransi dimensi dan gaya pemotongan terlampaui.

Untuk memperpanjang umur pahat, maka material pahat harus memiliki sifat-sifat sebagai berikut :

1. Cukup kuat dan keras menahan tekanan tinggi akan tetapi tidak boleh

terlalu rapuh.

2. Kekuatan dan kekerasannya harus tetap tinggi walaupun temperatur pemotongan tinggi.
3. Pada temperatur tinggi daya tahan keausannya harus tetap baik.

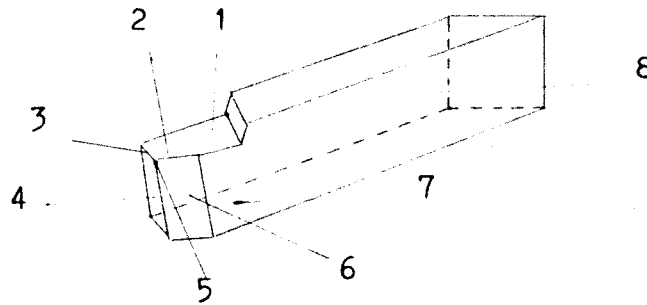
Beberapa material pahat yang dikenal pada dunia industri permesinan :

1. Baja karbon (Carbon Steel)
2. Baja karbon campuran (Alloyed Carbon Steel)
3. High Speed Steel (HSS)
4. Cast Cobalt Base Steel
5. Cemented Carbide
6. Ceramic
7. Diamond Tools.

Diantara ketujuh macam material pahat di atas yang paling banyak dijumpai dan paling sering digunakan adalah material pahat dari High Speed Steel dan Cemented Carbide.

2.2.3.2. Elemen Pahat

Bagian-bagian pahat bubut dijelaskan pada gambar 4. :



Gb. 5. Elemen-elemen pahat bubut^[9]

Keterangan gambar :

- | | |
|----------------------|---------------|
| 1. Face | 5. Nose |
| 2. Side cutting edge | 6. Side flank |
| 3. End cutting edge | 7. Front end |
| 4. End flank | 8. Flank |

Pada pahat tipe insert bagian nose di atas berupa insert.

2.2.3.3. Umur Pahat

Kriteria umur pahat ditinjau dari pertumbuhan keausan atau kerusakan mata potong pahat hingga menyebabkan kenaikan gaya pemotongan yang pada akhirnya berpengaruh pada :

1. Getaran / chatter pada benda kerja dan mesin perkakas.
2. Perubahan temperatur pemotongan.

3. Perubahan dimensi / geometri benda kerja.
4. Perubahan kualitas permukaan benda kerja.
5. Kerusakan seluruh pahat.

Penentuan umur pahat secara praktis ditentukan dengan cara membandingkan hasil pengukuran dimensi benda kerja yang dihasilkan dengan dimensi obyektif yang ditentukan dalam batas-batas toleransi yang tertentu pula, atau dengan melihat perubahan nilai yang ditunjukkan pada wattmeter (korelasi antara gaya pemotongan dan daya pemotongan). Dimulai dari pahat baru sampai pahat tersebut tidak dapat digunakan lagi ditinjau dari adanya penyimpangan dimensi obyektif yang ditentukan (dimensinya telah melampaui batas-batas toleransi yang ditentukan).

Dimensi umur pahat dapat merupakan besaran waktu (menit), jumlah geram yang dihasilkan (cm^3), panjang total permesinan (mm), atau jumlah produk yang dihasilkan.

2.3. Kekasaran Permukaan

Kekasaran permukaan suatu produk permesinan merupakan salah satu faktor yang dapat digunakan sebagai acuan untuk menentukan kualitas suatu proses permesinan. Untuk menyatakan kualitas kekasaran permukaan ini perlu dilakukan pengukuran kekasaran permukaan. Pengukuran permukaan didefinisikan sebagai pengukuran terhadap perbedaan antara kondisi permukaan aktual dengan kondisi permukaan yang dikehendaki.

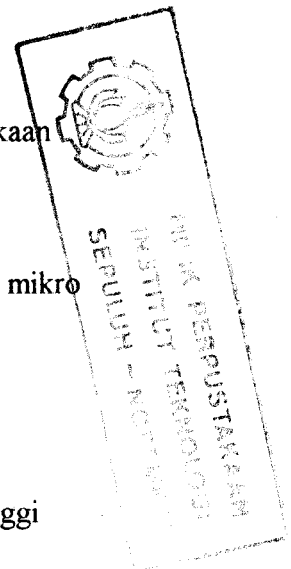
Terdapat perbedaan mendasar antara pengukuran permukaan dengan pengukuran panjang. Pengukuran panjang berkaitan dengan hubungan antara dua permukaan pada sebuah benda kerja, sedangkan pengukuran permukaan berkaitan dengan hubungan antara sebuah permukaan dengan suatu referensi.^[9]

Ada beberapa metode pengukuran permukaan, diantaranya adalah :

1. Metode pembandingan dengan spesimen standar kekasaran permukaan secara subyektif.
2. Metode optik, didasarkan pada metode perpotongan cahaya dan mikro interferometer, yang menggunakan pemantulan sinar laser untuk menentukan tekstur permukaan.
3. Metode profilograf (microprofil), didasarkan pada penentuan tinggi ketidakrataan mikro dengan perabaan ujung stylus.

Pada umumnya kekasaran permukaan hasil proses permesinan dinyatakan dengan angka kelas kekasaran permukaan sesuai panjang sampel yang diukur. Terdapat beberapa cara untuk menyatakan angka kelas kekasaran permukaan, tetapi yang paling sering digunakan adalah *Roughness Average (Ra)* yang juga biasa disebut sebagai *arithmetic average (AA)* atau *centerline average (CLA)*.

Roughness average didefinisikan sebagai rata-rata aritmetik dari nilai-nilai absolut penyimpangan tinggi profil terukur yang diambil sepanjang *sample length* (panjang sampel) dan diukur dari *graphical centerline*. Untuk



penentuan grafik rata-rata kekasaran, penyimpangan tinggi diukur normal terhadap chart centerline. Kekasaran rata-rata dinyatakan dalam mikrometer.

Berikut ini beberapa istilah dan pengertiannya yang berkaitan dengan pengukuran kekasaran permukaan.

- *Surface* (permukaan) suatu obyek adalah batas yang memisahkan obyek tersebut dari obyek lain.
- *Nominal Surface* adalah kontur dan bentuk permukaan yang dikehendaki yang biasanya ditunjukkan pada gambar atau spesifikasi deskriptif. Selanjutnya profil dari nominal surface disebut sebagai *nominal profile*.
- *Measured Surface* adalah representasi dari permukaan yang didapatkan dengan suatu alat ukur. Selanjutnya profil dari measured surface disebut sebagai *measured profil*.
- *Graphical Centerline* adalah suatu garis dimana kekasaran diukur mengacu padanya dan paralel terhadap arah umum profil sepanjang sampling length.
- *Sampling length* adalah jarak nominal penentuan karakteristik permukaan.

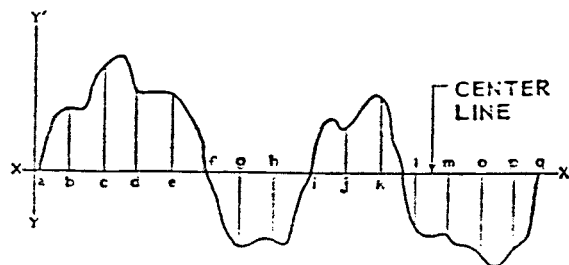
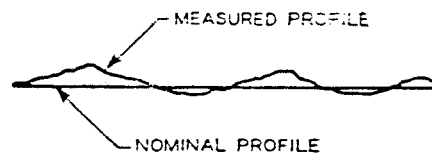


Fig. 3. Short section of hypothetical profile divided into increments.

Gb. 6. Grafik centerline [8]



Gb. 7. Profil nominal dan terukur

2.4. Dasar-dasar CNC

Kontrol numerik adalah istilah yang digunakan untuk menjelaskan kontrol gerakan mesin dan berbagai fungsi lainnya yang menggunakan instruksi yang dinyatakan dalam satu seri bilangan dan dikendalikan oleh sistem kontrol elektronika. Istilah CNC digunakan bila sistem kontrol memakai komputer internal. Komputer internal memungkinkan penyimpanan program tambahan, penyuntingan program, eksekusi dari memori, diagnostik kontrol dan pemeriksaan rutin, pekerjaan rutin dan khusus, dan kemampuan perubahan skala inci, metrik atau absolut.

Dengan sistem kontrol ini banyak keuntungan yang diberikan CNC dalam proses permesinan. Keuntungan-keuntungan tersebut diantaranya :

1. Laju produksi yang tinggi.
2. Keseragaman produk.
3. Pemborosan komponen dapat dikurangi.
4. Tooling dapat dikurangi.
5. Campur tangan operator secara langsung dikurangi.
6. Mampu mengerjakan bentuk-bentuk sulit.

Disamping keuntungan tentunya terdapat kerugian yang dimiliki mesin berkontrol komputer ini, diantaranya yaitu :

1. Investasi yang besar.
2. Waktu persiapan produksi yang lama.
3. Kurang fleksibel, maksudnya satu program hanya untuk satu macam

proses produksi.

2.4.1. Bentuk Cara Pengendalian

1. Pengendalian titik

Pemosisian gerakan atau langkah cepat ke arah titik yang telah ditentukan. Saat proses pemosisian berjalan, pahat tidak boleh bersentuhan atau menabrak benda kerja karena akan mengakibatkan kerusakan. Bentuk pengendalian seperti ini terdapat pada bor dan las titik.

2. Pengendalian garis

Proses pengendalian gerakan untuk membuat suatu alur lurus baik sejajar sumbu maupun tegak lurus sumbu. Kecepatan gerakan pada saat proses harus ditentukan dulu agar tidak terjadi rusak pahat, benda kerja atau yang lain. Contoh pengendalian tipe ini pada mesin frais dan las potong.

3. Pengendalian kontur

Pengendalian ini digunakan untuk membuat sebarang bentuk baik lurus maupun lengkung menuju ke segala arah yang dikehendaki.

a. Pengendalian 2D

Mekanisme pengendalian berlaku untuk dua poros yang terkoordinasi sehingga terbentuk suatu alur lurus atau melingkar dalam bidang 2 dimensi. Contoh : mesin bubut.

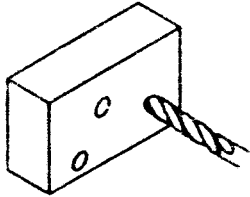
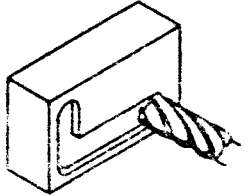
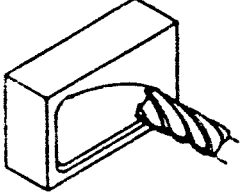
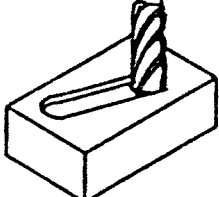
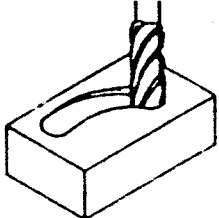
b. Pengendalian 2.5 D

Mekanisme pengendalian untuk membuat alur.

Baik alur lurus atau melingkar dalam bidang XY-XZ atau YZ diikuti gerakan pahat pada sumbu yang lain. Contoh : mesin frais.

c. Pengendalian 3D

Mekanisme pengendalian ini untuk mengerjakan kontur ruang 3 dimensi dengan cara menggerakkan 3 sumbu secara terkoordinir.

	Bentuk pengendalian	Tanda menganal	Penggunaan
	pengendalian titik	memosisikan	mesin bor, mesin las listrik
	pengendalian garis	hanya memungkinkkan pemindahan poros paralel; permulaan mengendalikan dalam satu poros, persamaan	mesin frais dan bubut sederhana
	pengendalian 2D	permulaan serempak dalam dua arah poros dikoordinir cara mengendalikan	mesin bubut
	pengendalian 2,5D	mengefrais dalam dua arah poros bersamaan; bidang XY bidang XZ bidang YZ	mesin frais
	pengendalian 3D	mengefrais dalam tiga arah: 2 poros lingkaran dan satu poros linier	pusat pengerjaan

Tabel 1. Ringkasan bentuk pengendalian ^[6]

2.4.2. Sistem koordinat mesin NC/CNC

Sumbu arah gerakan pada mesin perkakas NC/CNC distandarkan pada ISO 841 dengan judul "*Numerical Control of Machine, Axis and Motion Nomenclature*", supaya mampu tukar dari suatu program dapat dijamin, program dapat dimengerti tanpa ada salah pengertian arah gerakan. Standar ISO 841 mendefinisikan sistem koordinat kartesian bagi gerakan pahat dalam 3 sumbu utama X, Y, Z dan sumbu rotasi A, B, C. Pada mesin bubut hanya dipakai 2 sumbu X dan Z tanpa sumbu rotasi. Arah gerakan translasi positif mengikuti kaidah tangan kanan dan putaran positif mengikuti kaidah sekrup ulir kanan.

Penentuan masing-masing sumbu adalah sebagai berikut :

- Penentuan sumbu Z.

Sumbu Z direferensikan pada poros utama atau spindel, arah positif adalah bila jarak antara spindel dan pahat menjauh.

- Penentuan sumbu X.

Sumbu X ditentukan sejajar dengan meja mesin dan dipilih orientasi horisontal.

- Penentuan sumbu Y.

Sumbu Y ditentukan dengan kaidah tangan kanan.

- Penentuan sumbu rotasi A.

Sumbu rotasi A adalah sumbu rotasi dengan sumbu X sebagai pusat rotasinya.

- Penentuan sumbu rotasi B.

Sumbu rotasi B adalah sumbu rotasi dengan sumbu Y sebagai pusat rotasinya.

- Penentuan sumbu rotasi C.

Sumbu rotasi C adalah sumbu rotasi dengan sumbu Z sebagai pusat rotasinya.^[14]

2.4.3. Komponen Sistem Kontrol CNC

Sistem CNC terdiri dari komponen-komponen yang mensinkronkan antara operator dengan mesin perkakas. Di dalam sistem CNC terdapat komputer yang berfungsi sebagai pengolah data yang dapat melakukan perhitungan dan hubungan logika. Karena sistem CNC adalah elemen penghubung antara operator dengan mesin perkakas maka diperlukan 2 interface, yaitu :

1. Interface untuk operator.

Interface ini terdiri dari panel kontrol, pembaca pita berlubang (punched tape reader), unit magnetik (magnetic tape unit), unit disket dan printer.

2. Interface untuk mesin perkakas.

Interface ini terutama terdiri dari kontrol interface, pengontrol gerakan sumbu (axis control), dan sumber daya (power supply).^[14]

2.4.4. Struktur Program

Struktur program mesin CNC diatur menurut DIN 66025 dan ISO 1056. Suatu program NC berisi semua perintah dan informasi yang diperlukan untuk pengerjaan benda kerja. Suatu program terdiri atas : awal program, isi program dan akhir program. Untuk selanjutnya uraian tentang program-program berikut adalah untuk mesin bubut. Program-program NC sendiri ada tiga macam, yaitu :

1. Program pokok

Program pokok terdiri dari

- Awal program : awal program adalah nomor program yang ditetapkan dengan huruf O. Untuk nomor program pokok ini ditentukan dari O 0000 sampai O 6999.
- Isi program : isi program berupa blok-blok program NC.
- Akhir program : untuk program pokok diakhiri dengan M 30.

2. Sub program (sub routine)

- Awal program : sama dengan program pokok dan ditentukan dari O 80 sampai O 0255.
- Isi program : berupa blok-blok program NC
- Akhir program : untuk sub program diakhiri dengan M 17.

3. Program polygon

Nomor-nomor program untuk program polygon adalah dari 0 7000 sampai 0 9999. Program polygon adalah untuk simulasi grafis dari kedua program tersebut.

Suatu blok terdiri atas nomor blok dan kata-kata. Nomor blok diawali dengan adres N dan diikuti dengan angka dari N 0000 sampai N 9999. Dalam penomoran blok-blok adalah bermanfaat untuk menomori blok-blok program dalam penambahan sepuluh, hingga memungkinkan penyisipan blok-blok lain apabila diperlukan perbaikan dalam program tersebut, tanpa mempengaruhi blok-blok lain selama pemasukan. Penyisipan ini akan diurutkan secara otomatis oleh pengendali.

Selain nomor blok, suatu blok juga terdiri dari kata-kata. Kata terdiri atas satu huruf (adres) dan kombinasi angka. Setiap adres punya arti tertentu, menurut harga gabungan numeris yang sesuai.^[7]

2.4.5. Ketentuan-ketentuan Sintaksis

Dalam penulisan blok-blok program ada beberapa ketentuan yang harus diikuti berupa ketentuan-ketentuan sintaksis.

1. Panjang blok :

Panjang blok maksimal dapat bervariasi antara 3 dan 4 baris tergantung pada kata-kata yang diprogram. Apabila panjang blok maksimal terlampaui akan muncul alarm.

2. Ketentuan urutan kata-kata :

Selain dari urutan X (U), Z(W) dalam siklus G 84, G 85 dan G 86 tidak ada ketentuan mutlak tentang urutan kata. Namun, untuk memperoleh struktur program yang jelas, urutan-urutan berikut perlu diperhatikan :

- Setiap blok dimulai dengan nomor blok
- Fungsi G diprogram setelah nomor blok
- Kata-kata untuk koordinat X (U), Z (W) tidak boleh terbalik dalam siklus G 84, G 85 dan G 86
- Jika diprogram G 02 atau G 03 parameter interpolasi I dan K diprogram setelah X (U), Z (W)
- Jika diprogram siklus, parameter diprogram setelah X (U), Z(W)
- Kemudian berturut-turut F (kisar ulir), S (kecepatan sumbu utama, kecepatan potong), T (adres alat potong) dan M (fungsi tambahan).

3. Beberapa fungsi M dan G dari kelompok yang sama

Jika dua atau lebih fungsi G atau M dari kelompok yang sama dari satu blok fungsi yang diprogram yang terakhir yang efektif.

4. Kata-kata yang sama dari satu blok selain dari M dan G

Yang berlaku yang dimasukkan yang terakhir.

5. Pemrograman titik desimal

Harga-harga X, Z, U, W, P₀, P₂, I, K harus diprogram dengan titik desimal, tanpa titik desimal harga-harga akan dianggap sebagai mikronmeter (pada G 71) atau 1/1000 in (pada G 70).^[7]

2.4.6. Uraian Singkat Tentang Adres-adres

1. Adres jalannya X (U) dan Z (W)

Titik tujuan dalam sistem koordinat absolut ditetapkan dengan X dan Z sedang untuk inkremental diberikan dengan U dan W. Sistem koordinat aslinya adalah M (titik nol mesin) atau W (titik nol benda kerja) yang ditentukan dalam PSO (position shift offset).

2. Adres I dan K

I dan K adalah parameter interpolasi untuk pemrograman busur lingkaran G 02 dan G 03.

3. Asutan F

- F dalam hubungannya dengan G 94 asutan diprogram sebagai kecepatan asutan dalam mm/menit (inci/menit).
- F dalam hubungannya dengan G 95 asutan ditetapkan dalam mm/putaran atau inci/putaran.
- F dalam hubungannya dengan G 33 dan G 85, adres F berlaku sebagai kisar ulir dalam mm dan inci.

4. Adres S

- S dalam hubungannya dengan G 96, merupakan kecepatan potong yang diprogram dalam mm/menit atau inci/menit.
 - S dalam hubungannya dengan G 97, merupakan kecepatan putaran sumbu utama yang diprogram dalam putaran/ menit.
 - S dalam blok G 92, sebagai batas kecepatan sumbu utama tertinggi.
-

- S dalam blok M 19, sebagai program posisi berhenti dari sumbu utama.

5. Adres T

Dengan kata T, alat potong (posisi revolver pahat) dan data pahat dipanggil.

6. Adres M

Dengan M, fungsi pemindah atau fungsi-fungsi lain dipanggil.

7. Adres L

- Dengan L, sub program dipanggil, pengulangan program dan lompatan tujuan ditetapkan.

- L dalam pencatat pahat, dengan L dituliskan posisi potong dari pahat.

8. Adres R

Pada R dituliskan radius ujung pahat.

9. Parameter P dan D

Jenis pelaksanaan khusus dalam siklus diprogram dengan parameter P dan D.

10. Fungsi G

Persyaratan jalannya, dipanggil dengan G.

11. Adres O

Adres O ditetapkan untuk nomor-nomor program NC. Nomor program ini dipakai sebagai tanda pengenalan, misal dari program yang tersimpan dari kaset dan sebagai tanda awal program.

12. Memori data-data potong

Data alat potong dimasukkan secara inkremental ke dalam memori alat potong dengan adres X dan Z.

13. Pencatat penggeseran posisi (position shift offset, PSO)

- Masukan langsung inkremental dalam pencatat penggeseran posisi dengan X (ukuran radius) dan Z.
- Penulisan untuk pencatat penggeseran posisi 5 dalam blok G 92. Ukuran penggeserannya ditentukan secara inkremental dengan X (ukuran radius) dan Z.^[7]

2.4.7. Fungsi-fungsi Tetap Berlaku

Sebagian besar fungsi G dan M dan juga kata-kata lain adalah fungsi tetap berlaku. Itu berarti mereka tetap aktif sampai dialihkan atau dibatalkan. Ini berarti suatu penyederhanaan atau pemendekan untuk pemrograman.

Fungsi-fungsi tersebut tetap berlaku baik di dalam suatu program dari blok satu ke blok berikutnya maupun dari suatu program ke program berikutnya. Khusus untuk pengambilalihan fungsi dan kata-kata dari satu program ke program berikutnya tidak berlaku untuk fungsi-fungsi pada kelompok 0. Uraian lebih jelasnya adalah sebagai berikut :

1. Fungsi-fungsi G dan M

Fungsi-fungsi G dan M dibagi dalam kelompok-kelompok. Fungsi-fungsi G dan M tetap berlaku sampai mereka ditimpa oleh fungsi G atau M lain dari kelompok yang sama. Beberapa fungsi G dan M dapat dibatalkan secara langsung, yaitu :

- G 54, G 55 dibatalkan langsung dengan G 53
- G 57, G 58, G 59 dibatalkan dengan G 56
- G 41, G 42 harus dibatalkan dengan G 40
- M 30 secara otomatis menyebabkan program berakhir dan berfungsinya M 05 (sumbu utama berhenti), M 09 (pendingin mati) dan M 23 (mangkok penangkap kembali) secara otomatis.

2. Penerimaan kata dan isi kata

Isi kata X (U), Z (W), F, S, T diambil alih ke blok-blok berikutnya.

Isinya dibatalkan melalui pemrograman harga yang lain.^[7]

2.5. Metode Analisis

2.5.1. Analisis Variansi Faktorial

Analisis yang digunakan adalah analisis variansi tiga faktorial sesuai dengan banyaknya parameter yang diteliti yaitu waktu tinggal diam (D_4), kecepatan pemotongan (V) dan kecepatan pemakaian (F) serta masing-masing mempunyai tiga taraf dan dengan pengulangan tiga kali, sehingga data yang dihasilkan adalah 81 data.

Adapun model yang digunakan adalah :

$$Y_{ijk} = \mu + F_i + V_j + FV_{ij} + D_{4k} + FD_{4,ik} + VD_{4,jk} + FVD_{4,ijk} + \varepsilon_{l(ijk)}$$

dimana :

Y_{ijk} = variabel respon karena pengaruh bersama faktor D_4 pada taraf faktor ke-i; faktor V pada taraf faktor ke-j dan faktor F pada taraf faktor ke-k pada observasi ke-l

μ = rata-rata yang sebenarnya (berharga konstan)

$D_{4,k}$ = pengaruh faktor D_4 pada taraf faktor ke-k

V_j = pengaruh faktor V pada taraf faktor ke-j

F_i = pengaruh faktor F pada taraf faktor ke-i

FV_{ij} = pengaruh interaksi antara faktor F pada taraf faktor ke-i dan faktor V pada taraf faktor ke-j

$FD_{4,ik}$ = pengaruh interaksi antara faktor F pada taraf faktor ke-i dan faktor D_4 pada taraf faktor ke-k

$VD_{4,jk}$ = pengaruh interaksi antara faktor V pada taraf faktor ke-j dan faktor F pada taraf faktor ke-k.

$FVD_{4,ijk}$ = pengaruh terhadap variabel respon yang disebabkan oleh faktor D_4 pada taraf faktor ke-i; faktor V pada taraf faktor ke-j; dan faktor F pada taraf faktor ke-k

$\varepsilon_{l(ijk)}$ = pengaruh unit eksperimen ke-l karena kombinasi perlakuan (ijk)

Analisis variansi faktorial merupakan metode untuk menganalisis atau menguraikan seluruh variasi atau bagian-bagian yang bermakna dari beberapa faktor. Metode ini sering digunakan untuk menganalisis data-data yang didapatkan dari beberapa parameter yang telah ditentukan terlebih dahulu. Selain itu dapat mengidentifikasi semua pengaruh yang terjadi baik berdiri sendiri maupun kombinasi atau interaksi antara beberapa parameter yang telah ditentukan terlebih dahulu. Dari data yang diperoleh perlu dianalisis tiap-tiap faktor baik yang berdiri sendiri maupun yang berinteraksi, dengan menggunakan metode ANOVA (Analysis of Varians) sehingga dapat diketahui apakah faktor-faktor tersebut berpengaruh terhadap model atau tidak.

Source of Variation	Sum of Square	DF	Mean Square	F-ratio	Sig Level
Main Effect					
A	JKA	(a-1)	A'	A'/E'	
V	JKV	(v-1)	V'	V'/E'	
F	JKF	(f-1)	F'	F'/E'	
Interaction					
AV	JKAV	(a-1)(v-1)	AV'	AV'/E'	
AF	JKAF	(a-1)(f-1)	AF'	AF'/E'	
VF	JKVF	(v-1)(f-1)	VF'	VF'/E'	
AVF	JKAVF	(a-1)(v-1)(f-1)	AVF'	AVF'/E'	
Error	JKE	avf (n-1)	E'		
Total (corr)	JKT	avfn			

Tabel 2. Tabel Analisis Variansi

Dari tabel ANOVA di atas, maka berdasarkan angka-angka yang terdapat pada tiap-tiap kolom dapat diketahui hasil penganalisisannya. Untuk mengisi tiap-tiap kolom didasarkan pada perhitungan sebagai berikut :

Kolom Source of Variation (sumber variasi)

Pada kolom ini menunjukkan faktor-faktor yang dianalisis, baik yang berdiri sendiri yang merupakan pengaruh utama maupun yang saling berinteraksi, sedangkan error menggambarkan kesalahan dalam penelitian menurut statistik dan total (corr) adalah keseluruhan pengaruh pengaruh baik pengaruh utama maupun interaksi.

Kolom Sum of Square (jumlah kuadrat)

Jumlah kuadrat tiap-tiap faktor yang diteliti baik faktor yang berdiri sendiri yang merupakan pengaruh utama maupun yang saling berinteraksi yang dapat diketahui pada kolom ini, misalnya JKA adalah jumlah kuadrat dari faktor A dan seterusnya.

Kolom DF (derajat kebebasan)

Pada kolom ini menunjukkan derajat kebebasan dari sumber variasi. Jumlah derajat kebebasan selalu kurang satu dari jumlah tiap-tiap perlakuan, hal ini disebabkan karena pada perlakuan tersebut dibatasi satu

konstrain, sebagai contoh diberikan bahwa t banyaknya taraf untuk faktor T, v banyaknya taraf untuk faktor V dan f banyaknya taraf untuk faktor F.

Kolom Mean Square (rata-rata kuadrat)

Angka yang ditunjukkan pada kolom ini adalah hasil dari pembagian antara jumlah kuadrat dengan derajat kebebasan tiap-tiap sumber perlakuan.

Kolom F-Ratio (harga F-kritis)

Angka yang ditunjukkan dalam kolom ini merupakan harga yang diperoleh dengan membagi harga rata-rata kuadrat tiap-tiap perlakuan dengan rata-rata kuadrat kesalahan. Jadi harga pada kolom ini merupakan perbandingan antara sumber perlakuan dengan kesalahan pada penelitian tersebut.

Kolom Sig-Level

Angka yang ditunjukkan dalam kolom ini menunjukkan kemungkinan harga F-ratio lebih kecil dibandingkan dengan F-tabel. Untuk perlakuan yang mempunyai pengaruh terhadap respon, maka harga F-ratio lebih besar dari F-tabel. Misalkan untuk perlakuan A mempunyai derajat kebebasan (a-1) dan derajat kebebasan error sebesar (avf(n-1)),

maka harga F-tabel berada pada kolom ke $(a-1)$ sebagai derajat kebebasan pembilang dan baris ke $avf(n-1)$ sebagai derajat kebebasan penyebut.

Angka yang ditunjukkan pada kolom ini mempunyai tiga kemungkinan, yaitu :

1. Jika menunjukkan nol maka perlakuan tersebut berpengaruh secara mutlak.
2. Jika menunjukkan angka kurang atau sama dengan 0.05 maka perlakuan tersebut mempunyai pengaruh terhadap respon.
3. Jika menunjukkan angka diatas 0.05 maka perlakuan tersebut dapat dianggap kurang berpengaruh terhadap respon.

2.5.2. Analisis Regresi

Analisis regresi adalah suatu metode statistik yang berguna untuk mencari hubungan linier antara variabel dependen dan variabel independen. Variabel independen adalah variabel yang berdiri sendiri tanpa adanya ikatan dari variabel lain. Variabel ini dapat terdiri dari satu atau beberapa variabel sehingga dalam suatu penelitian variabel ini harus ditentukan terlebih dahulu.

Variabel dependen adalah variabel yang sangat bergantung atau dipengaruhi satu atau lebih variabel independen, nilai variabel dependen dapat diketahui melalui penelitian.

2.5.2.1. Regresi Linier Multipel

Untuk mengetahui pengaruh kondisi pemotongan terhadap kekasaran permukaan pada proses pengaluran baja serta untuk memudahkan penganalisisan dan menarik kesimpulan dari hasil percobaan maka digunakan asumsi bahwa kekasaran permukaan merupakan fungsi dari kondisi pemotongan yang terdiri dari kecepatan pemakanan, kecepatan pemotongan dan waktu tinggal diam, dengan demikian dapat dituliskan fungsi sebagai berikut :

$$Ra = f(F, V, D_4)$$

dimana :

Ra = kekasaran permukaan yang diperoleh dari percobaan

D_4 = waktu tinggal diam

V = kecepatan pemotongan

F = kecepatan pemakanan

Karena model fungsional belum diketahui maka dipakai model peramalan dan diduga model tersebut dalam bentuk persamaan matematisnya sebagai berikut : ^[14]

$$R = \beta \cdot F^{\alpha_1} \cdot V^{\alpha_2} \cdot D_4^{\alpha_3}$$

untuk merubah ke dalam bentuk linier, maka bentuk tersebut di atas perlu ditransformasikan ke dalam bentuk logaritmanya, sehingga menjadi :

$$\ln R = \ln \beta + \alpha_1 \ln F + \alpha_2 \ln V + \alpha_3 \ln D_4$$

persamaan di atas masih perlu ditransformasikan menjadi bentuk/model persamaan regresi linier multipel menjadi :

$$Y = \beta + \alpha_1 X_1 + \alpha_2 X_2 + \alpha_3 X_3$$

dengan transformasi $Y = \ln R$, $X_1 = \ln F$, $X_2 = \ln V$ dan $X_3 = \ln D_4$.

Langkah selanjutnya adalah menentukan hubungan atau korelasi antara Y terhadap variabel-variabel X_1 , X_2 , dan X_3 dengan menentukan nilai konstanta β , harga koefisien X_1 , X_2 dan X_3 berupa α_1 , α_2 , α_3 . Untuk menentukan konstanta dan koefisien-koefisien tersebut dilakukan dengan bantuan software Statgraf 5.0. Dari hasil pengolahan tersebut didapatkan persamaaan regresi, analisis variansi dan hubungan antara variabel bebas dan variabel rsepon satu per satu serta dapat pula diketahui variabel-variabel yang berpengaruh terhadap nilai kualitas kekasaran permukaan yang didapat melalui percobaan.

Agar didapatkan kesimpulan yang akurat maka perlu dilakukan pengujian-pengujian terhadap regresi.

2.5.2.2. Pengujian Model Regresi

Uji model regresi bertujuan untuk mengetahui apakah model persamaan regresi yang didapat benar-benar berarti/valid untuk mengambil kesimpulan, yaitu apakah persamaan regresi dengan

koefisien-koefisiennya sudah dapat dianggap mewakili data-data yang diperoleh melalui penelitian.

Metode yang digunakan untuk menganalisis data hasil penelitian menggunakan metode pengujian koefisien regresi secara serentak dan pengujian residual.

2.5.2.2.1. Pengujian Koefisien Regresi

Untuk menguji keseluruhan pengaruh variabel X terhadap respon Y digunakan metode Analisis Varians (ANOVA). Analisis variansi digunakan untuk memecah jumlah kuadrat regresi/model dan jumlah kuadrat residual/error.

Pada tabel ANOVA terdapat kolom yang menunjukkan apakah model tersebut dapat diterima atau tidak. Pernyataan ini berupa angka dan harganya ada tiga kemungkinan :

1. Jika angkanya (P-value) menunjukkan nol maka model dapat diterima secara mutlak.
2. Jika menunjukkan angka kurang atau sama dengan 0.05 maka model ini dapat diterima karena kemungkinan benar masih di atas 95 %.
3. Jika menunjukan angka diatas 0.05 maka model tersebut tidak dapat diterima.

2.5.2.2.2. Pengujian Residual

Residual didefinisikan sebagai perbedaan antara nilai pengamatan (Y) dengan nilai taksiran (\hat{Y}) setelah model yang sesuai ditetapkan. Oleh karena itu di dalam pengujian suatu model sebelum mengambil keputusan hendaknya asumsi terhadap residual harus dipenuhi terlebih dahulu. Adapun asumsi residual yang harus dipenuhi adalah ε mendekati IIDN $(0, \sigma^2)$, artinya residual harus identik, independen dan distribusi normal.

1. Uji Identik :

Bertujuan untuk melihat apakah penyebaran diantara residual identik/sama yaitu tidak menunjukkan kecenderungan menaik/menurun. Residual dapat dikatakan identik apabila data yang didapat menyebar merata diantara garis horisontal.

2. Uji Independen :

Bertujuan untuk menguji apakah terdapat ketergantungan diantara residual yang ada. Jika tidak terdapat ketergantungan antara variabel independen dan residual maka garis pada plot antara residual dan prediksinya akan tersebar merata di sekitar garis horisontal. Bila hal ini terjadi maka residual yang terjadi memenuhi syarat.

3. Uji Normal :

Bertujuan untuk mengetahui apakah residual mempunyai distribusi normal dengan mean = 0 dan variansi = σ^2 . Bila plot yang terjadi mendekati garis lurus maka asumsi normal terpenuhi.

BAB 3

METODE DAN HASIL PERCOBAAN

3.1. Rancangan Dasar Percobaan

Percobaan ini dimaksudkan untuk mengetahui pengaruh kondisi pemotongan terhadap kekasaran permukaan pada proses pembubutan dengan menggunakan mesin bubut CNC EMCOTURN 242-T.

Spesimen uji berupa baja AISI 1045 dengan diameter awal 25 mm, dikenakan proses pengaluran dengan kedalaman 3 mm sebanyak 27 sampel dengan pengubahan kondisi pemotongan yang telah ditentukan untuk tiap sampel. Setelah proses pengaluran selesai dilakukan pengukuran kekasaran pada permukaan dan tepi alur dengan menggunakan alat ukur kekasaran permukaan Surface Tester MIUTOYO 301, dengan pengulangan pengukuran sebanyak 3 kali yang kemudian data dianalisis dengan alat bantu Statgraf 5.0. Hasil analisis tersebut dipergunakan untuk menarik kesimpulan.

3.2. Material Uji

Material uji yang digunakan pada percobaan ini berupa baja karbon AISI 1045.

Tensile strength : 60 - 90 Kg/mm²

Yield point : 36 - 48 Kg/mm²

Kekerasan : 210 BHN

3.3. Mesin Perkakas

Mesin perkakas yang dipergunakan pada percobaan ini adalah mesin CNC EMCOTURN

- Tipe : 242-T
- Tahun : 1988
- Pabrik pembuat : EMCO MIER & Co, Friedman-Maier-Strabe 9 A-5400

Hallein, Austria.

Spesifikasi :

- Diameter pembubutan dari atas bed 340 mm
- Diameter pembubutan dari atas cross slide 150 mm
- Gerak geser longitudinal (sumbu Z) 300 mm
- Gerak geser melintang (sumbu X) 300 mm
- Gaya pemakanan longitudinal 6 kN
- Gaya pemakanan melintang 4 kN
- Penggerak utama motor DC 6.6 / 10 kW
- Penggerak feeding servomotor DC
- Kecepatan penghantaran 12 m/min
- Range kecepatan potong 50-4500m/min
- Tool sistem , AUTOMATIC 8-Tool DUPLOMATIC disc turret with direction logic.

3.4. Pahat (Tool)

Pahat yang digunakan dipilih sesuai dengan kekerasan material uji.

- Tipe : Pahat grooving, LFMX 31 SN-FX
- Grade : N308 (P10)
- Jenis : Cemented Carbide
- Tool Holder: XLDFR/L 2016 K 31-FX

3.5. Cairan Pendingin

Cairan pendingin yang digunakan tipe CASTROL BDX dengan perbandingan 1 : 20

3.6. Peralatan Yang Digunakan

1. Alat ukur :

- Jangka sorong
- Surface Tester MITUTOYO 301

Spesifikasi : - Panjang : 260 mm

- Lebar : 153 mm

- Tinggi : 75 mm

- Berat : 1,4 kg

Printer : - Tipe : Dot Impack

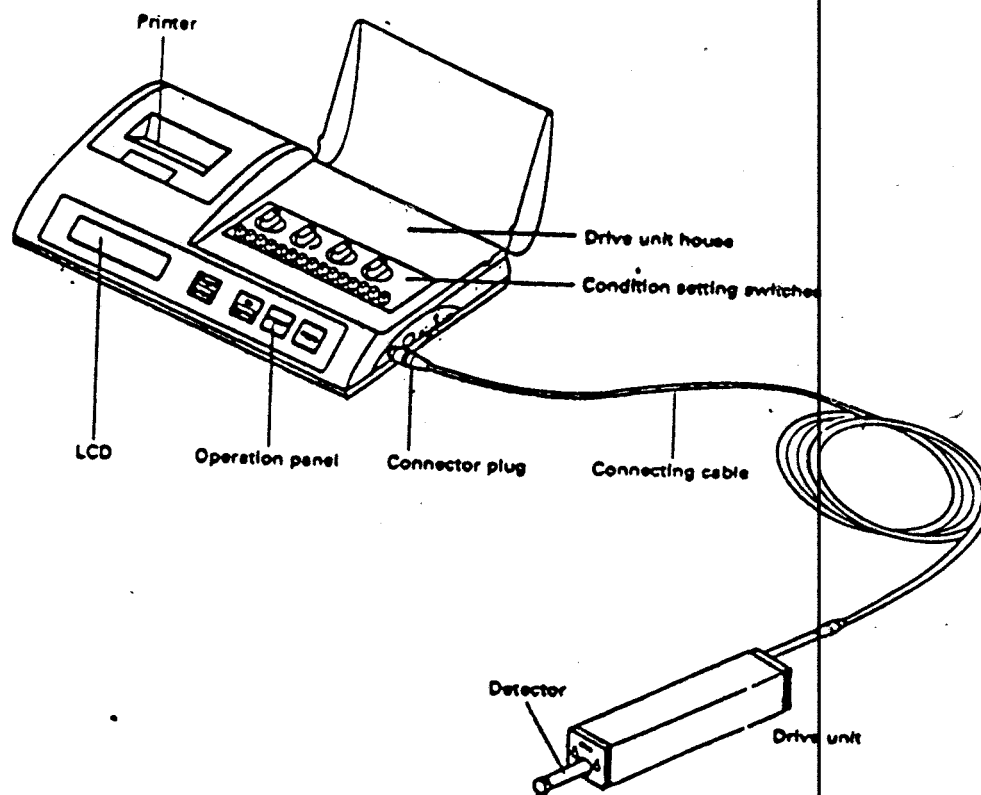
- Model : 160 Seiko Epson

Detektor :

- Mode deteksi : Differensial Induktansi
- Material stylus : Intan / diamond
- Radius ujung stylus : 5 mikronmeter
- Gaya pengukuran : 4 mN
- Sumber daya : AC Adaptor (10 V ; 1,2 A)

2. Alat pendukung : V block.

Surftest 301 Main Unit

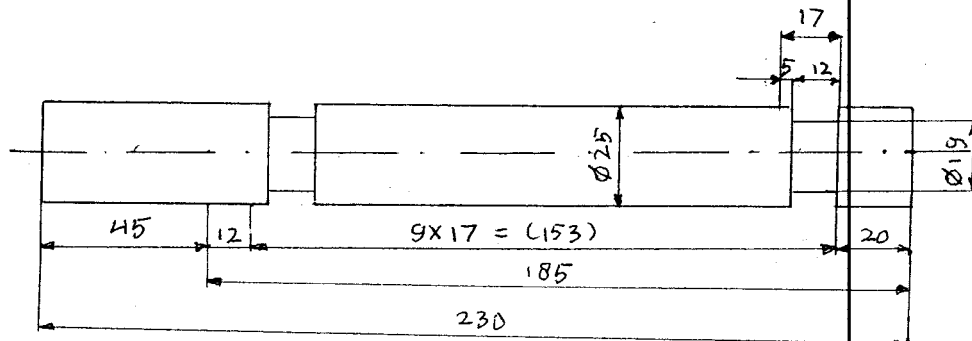


Gb. 8. Surface roughness tester Mitutoyo 301

3.7. Prosedur Percobaan

3.7.1. Persiapan 1

1. Material uji.



Gb. 9. Material uji

2. Tabel percobaan.

Kondisi potong		D _{4.1} 10	D _{4.2} 30	D _{4.3} 50
f ₁ = 0,05	V ₁ = 130	I	X	XIX
	V ₂ = 175	II	XI	XX
	V ₃ = 270	III	XII	XXI
f ₂ = 0,062	V ₁ = 130	IV	XIII	XXII
	V ₂ = 175	V	XIV	XXIII
	V ₃ = 270	VI	XV	XXIV
f ₃ = 0,075	V ₁ = 130	VII	XVI	XXV
	V ₂ = 175	VIII	XVII	XXVI
	V ₃ = 270	IX	XVIII	XXVII

Tabel 3. Tabel percobaan

Keterangan :

- Angka romawi menunjukkan sampel yang dibubut.
- D₄ satuannya 1/10 detik.
- V satuannya m/min
- F satuannya mm/rev

3.7.2. Persiapan 2

1. Hidupkan mesin kemudian dilakukan pengkondisian dengan menggerakkan spindel 3 - 5 kali CW dan CCW, serta chip conveyor dibiarkan berjalan.
2. Pemasangan insert pahat pada holder yang terpasang pada turret.
3. Posisikan stopper pada jarak 185 mm dari titik referensi mesin.
4. Setting PSO.
5. Pemasukkan program pada kontrol CNC.
6. Cek program disesuaikan dengan yang tercatat dan uji program, apabila tidak ada alarm maka program sudah benar.

3.7.2.1. Pengecekan Program Manual

Untuk pengecekan program secara manual dilakukan dengan jalan melihat program blok demi blok disesuaikan dengan yang telah ditulis sebelumnya di selembar kertas.

3.7.2.2. Pengecekan Dengan Uji Program

Secara garis besar ada dua macam cara, yaitu :

1. Pengujian program langsung tanpa gerakan.

Pengujian ini dilakukan dengan jalan :

- memanggil nomor program
 - mode pada posisi Automatic
-

- posisikan Feed rate pada posisi nol
- tulis N 750 (atau dua nomor di bawah nomor blok terakhir)
- tekan Prev 2 kali kemudian Cycle Start dan putar Feed Rate pelan-pelan

Apabila tidak ada kesalahan maka akan langsung kembali ke nomor blok pertama (N 00). Apabila ada kesalahan akan muncul alarm dan pesan di mana letak kesalahan tersebut.

2. Pengujian dengan gerakan

Pengujian ini dilakukan seperti pada pengujian di atas, hanya saja dilakukan pengaktifan Single dan atau Dry Run. Dengan pengujian ini kita bisa melihat bagaimana gerakan yang akan dilakukan mesin selama proses permesinan nantinya, baik secara blok per blok maupun secara keseluruhan.

3.7.3. Pelaksanaan Percobaan

1. Pasang benda kerja pada chuck, sesuaikan panjang benda kerja dengan stopper.
2. Tutup pintu mesin.
3. Jalankan program, dengan menekan tombol cycle start.
4. Saat rpogram mencapai blok terakhir mesin berhenti.
5. Buka pintu mesin.
6. Ambil benda kerja dari mesin.

7. Olesi pelumas pada permukaan benda kerja.
8. Pengubahan kondisi pemotongan, dalam hal ini waktu tinggal diam.

3.8. Prosedur Pengukuran

3.8.1. Persiapan

1. Siapkan alat ukur kekasaran permukaan.
2. Siapkan V-block.
3. Set-up ketinggian detector tester agar ujung tester terletak pada permukaan benda kerja.
4. Set-up alat ukur dengan cara sebagai berikut :

Set up awal alat ukur dibiarkan tetap, yang dirubah adalah :
 - switch sampling length pada posisi 0,8 mm
 - switch sampling span pada posisi 1 mm
 - switch parameter pada posisi Ra
 - switch kura dan text pada posisi on
 - switch print pada posisi AUTO.
 - switch satuan pada posisi mm.
5. Kalibrasi alat ukur dengan spesimen standar yang tersedia.

3.8.2. Pelaksanaan pengukuran

Pengukuran dilaksanakan sebanyak tiga kali untuk masing-masing sampel, secara acak.

1. Tempatkan benda kerja pada V block.
2. Posisikan detektor dan ujung stylus pada permukaan benda kerja.
3. Tekan tombol start.
4. Pengukuran berlangsung dan hasil pengukuran langsung dicetak.

3.9. Data Hasil Pengukuran

3.9.1. Permukaan Alur

No	F	V	D4	Ra	No	F	V	D4	Ra
1	0.050	50	10	7.63	42	0.062	55	30	6.48
2	0.050	50	10	6.43	43	0.062	60	30	6.73
3	0.050	50	10	6.30	44	0.062	60	30	3.68
4	0.050	55	10	4.72	45	0.062	60	30	5.31
5	0.050	55	10	6.29	46	0.075	50	30	7.74
6	0.050	55	10	7.79	47	0.075	50	30	10.00
7	0.050	60	10	5.50	48	0.075	50	30	14.62
8	0.050	60	10	5.15	49	0.075	55	30	9.74
9	0.050	60	10	6.87	50	0.075	55	30	9.46
10	0.062	50	10	11.23	51	0.075	55	30	8.01
11	0.062	50	10	6.08	52	0.075	60	30	7.69
12	0.062	50	10	7.30	53	0.075	60	30	6.42
13	0.062	55	10	7.36	54	0.075	60	30	9.81
14	0.062	55	10	6.61	55	0.050	50	50	4.70
15	0.062	55	10	8.91	56	0.050	50	50	5.53
16	0.062	60	10	5.31	57	0.050	50	50	2.96
17	0.062	60	10	8.68	58	0.050	55	50	4.72
18	0.062	60	10	8.29	59	0.050	55	50	4.76
19	0.075	50	10	13.82	60	0.050	55	50	2.57
20	0.075	50	10	13.55	61	0.050	60	50	2.22
21	0.075	50	10	9.11	62	0.050	60	50	3.81
22	0.075	55	10	8.55	63	0.050	60	50	3.23
23	0.075	55	10	10.23	64	0.062	50	50	5.29
24	0.075	55	10	10.61	65	0.062	50	50	4.15
25	0.075	60	10	12.19	66	0.062	50	50	6.82
26	0.075	60	10	9.36	67	0.062	55	50	3.92
27	0.075	60	10	7.04	68	0.062	55	50	5.10
28	0.050	50	30	4.97	69	0.062	55	50	5.75
29	0.050	50	30	5.39	70	0.062	60	50	3.30
30	0.050	50	30	5.10	71	0.062	60	50	5.32
31	0.050	55	30	5.40	72	0.062	60	50	4.74
32	0.050	55	30	6.22	73	0.075	50	50	4.61
33	0.050	55	30	3.60	74	0.075	50	50	6.33
34	0.050	60	30	6.64	75	0.075	50	50	8.67
35	0.050	60	30	1.40	76	0.075	55	50	9.24
36	0.050	60	30	3.87	77	0.075	55	50	3.49
37	0.062	50	30	9.50	78	0.075	55	50	5.80
38	0.062	50	30	5.48	79	0.075	60	50	4.30
39	0.062	50	30	7.52	80	0.075	60	50	5.99
40	0.062	55	30	5.03	81	0.075	60	50	6.08
41	0.062	55	30	8.48					

3.9.2. Tepi Alur

No	F	V	D4	Ra
1	0.050	50	10	2.00
2	0.050	50	10	2.13
3	0.050	50	10	3.19
4	0.050	55	10	2.38
5	0.050	55	10	1.75
6	0.050	55	10	2.06
7	0.050	60	10	1.49
8	0.050	60	10	1.44
9	0.050	60	10	1.61
10	0.062	50	10	2.12
11	0.062	50	10	2.64
12	0.062	50	10	3.01
13	0.062	55	10	2.45
14	0.062	55	10	2.20
15	0.062	55	10	2.96
16	0.062	60	10	2.21
17	0.062	60	10	2.65
18	0.062	60	10	3.37
19	0.075	50	10	2.26
20	0.075	50	10	3.37
21	0.075	50	10	3.20
22	0.075	55	10	2.71
23	0.075	55	10	3.26
24	0.075	55	10	2.21
25	0.075	60	10	3.10
26	0.075	60	10	2.58
27	0.075	60	10	2.99
28	0.050	50	30	3.36
29	0.050	50	30	1.62
30	0.050	50	30	3.11
31	0.050	55	30	2.59
32	0.050	55	30	2.61
33	0.050	55	30	1.98
34	0.050	60	30	1.71
35	0.050	60	30	2.26
36	0.050	60	30	2.82
37	0.062	50	30	2.45
38	0.062	50	30	3.01
39	0.062	50	30	4.42
40	0.062	55	30	4.71
41	0.062	55	30	2.34

No	F	V	D4	Ra
42	0.062	55	30	2.60
43	0.062	60	30	3.51
44	0.062	60	30	2.82
45	0.062	60	30	1.90
46	0.075	50	30	4.56
47	0.075	50	30	4.79
48	0.075	50	30	3.99
49	0.075	55	30	4.88
50	0.075	55	30	4.18
51	0.075	55	30	3.28
52	0.075	60	30	3.18
53	0.075	60	30	5.68
54	0.075	60	30	2.66
55	0.050	50	50	2.34
56	0.050	50	50	2.20
57	0.050	50	50	2.07
58	0.050	55	50	2.06
59	0.050	55	50	1.95
60	0.050	55	50	2.25
61	0.050	60	50	2.17
62	0.050	60	50	1.90
63	0.050	60	50	2.05
64	0.062	50	50	3.82
65	0.062	50	50	3.42
66	0.062	50	50	3.06
67	0.062	55	50	3.34
68	0.062	55	50	3.30
69	0.062	55	50	3.31
70	0.062	60	50	2.86
71	0.062	60	50	2.72
72	0.062	60	50	2.65
73	0.075	50	50	6.85
74	0.075	50	50	7.34
75	0.075	50	50	9.24
76	0.075	55	50	5.51
77	0.075	55	50	5.48
78	0.075	55	50	5.80
79	0.075	60	50	5.55
80	0.075	60	50	3.27
81	0.075	60	50	3.39

BAB 4

ANALISIS DATA DAN PEMBAHASAN

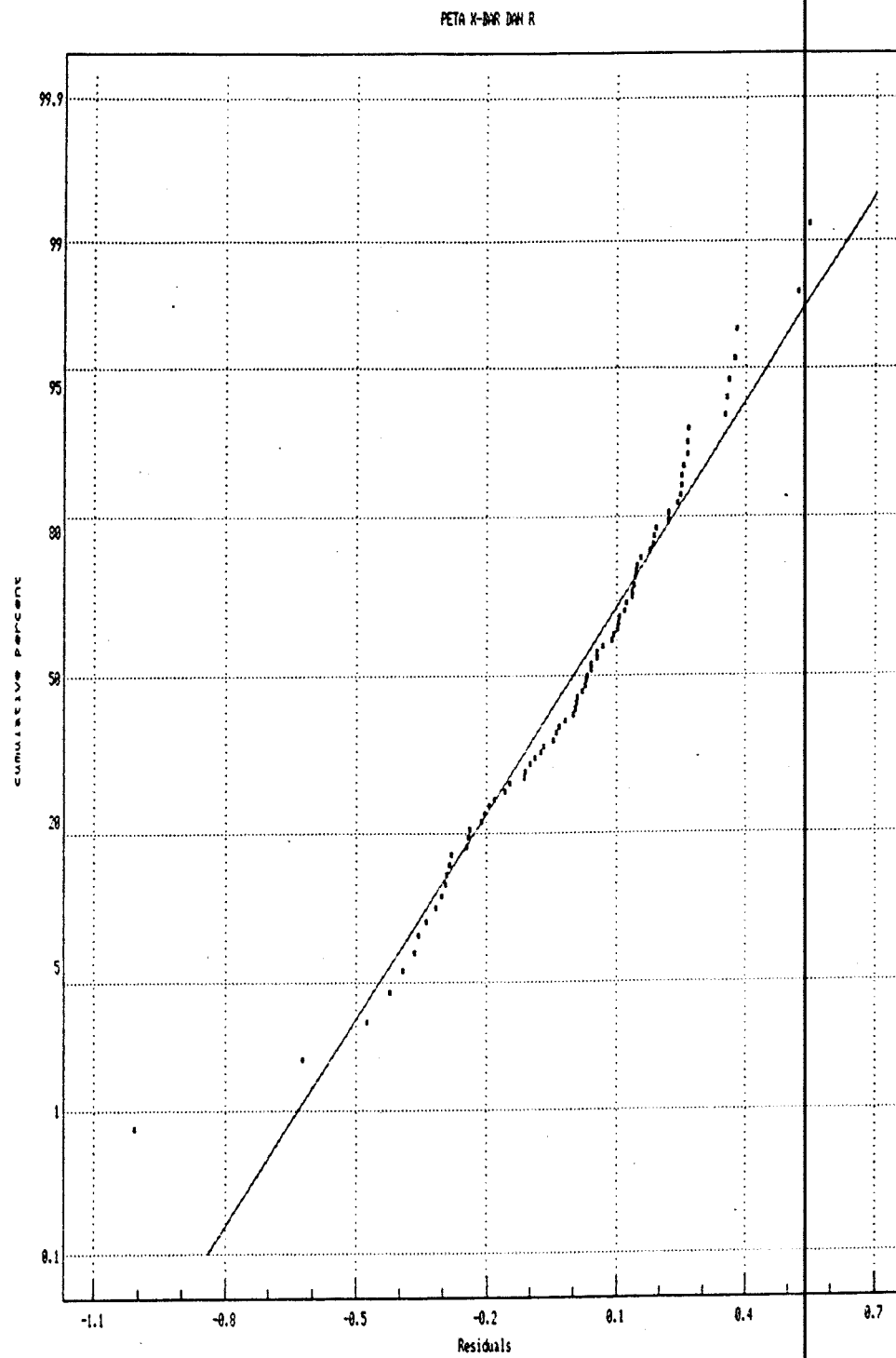
Sebelum dilakukan analisis terhadap data-data yang didapat terlebih dahulu ditentukan hipotesis tentang hasil analisis tersebut. Hipotesis tersebut adalah :

- H_0 = tidak ada pengaruh dari variabel terhadap respon
- H_1 = ada pengaruh terhadap respon

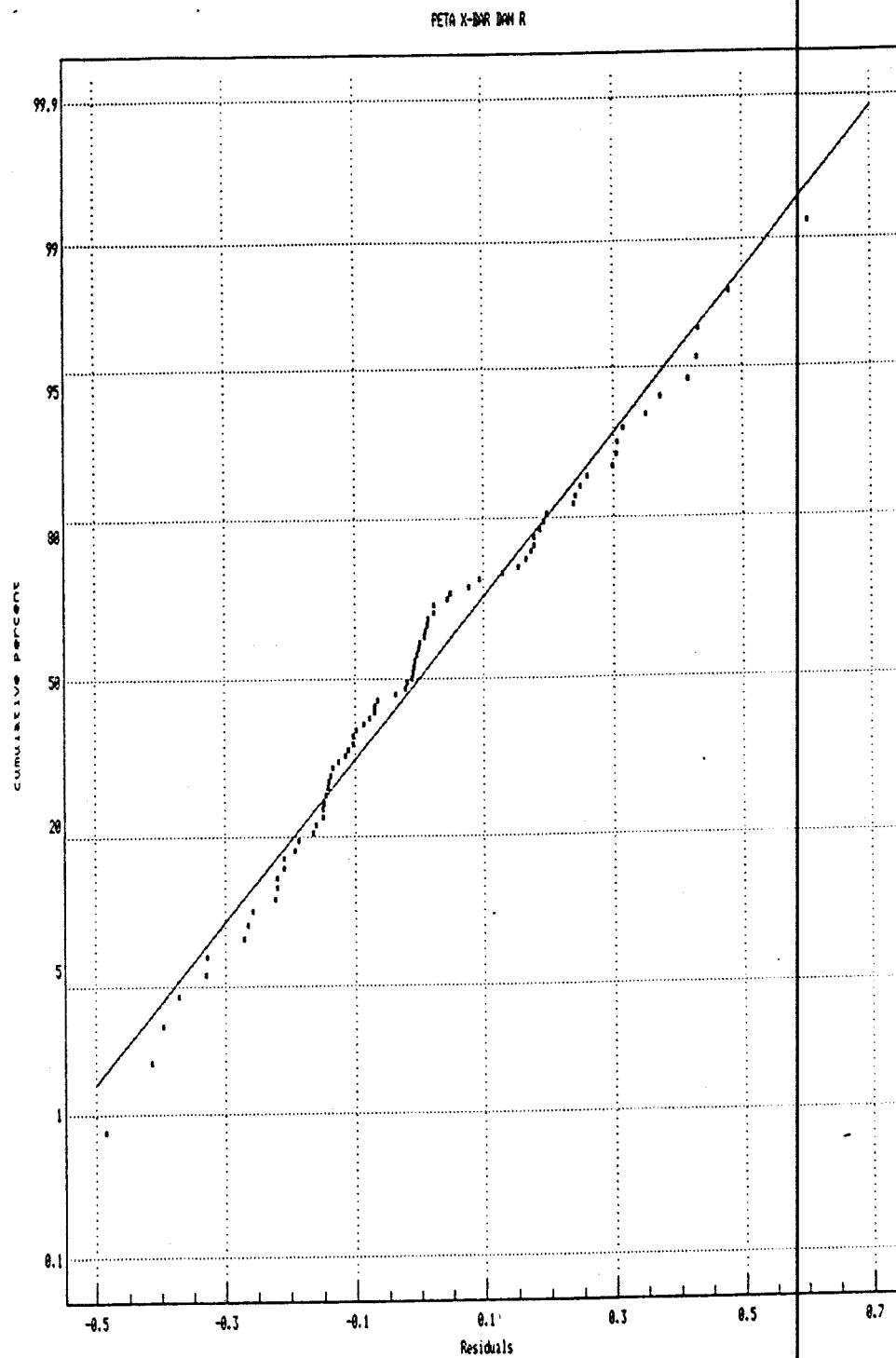
Selanjutnya perlu dilakukan pengujian terhadap residual yang terjadi yang terdiri dari uji Identik, Independen dan uji Normal. Berdasarkan data yang didapatkan dan dilakukan pengujian terhadap model didapatkan plot grafik uji normal dan uji residual.

Berdasarkan grafik distribusi normal, baik untuk permukaan maupun tepi, menunjukkan bahwa asumsi distribusi normal terpenuhi, hal tersebut terlihat dari plot grafik distribusi normal yang mendekati garis lurus.

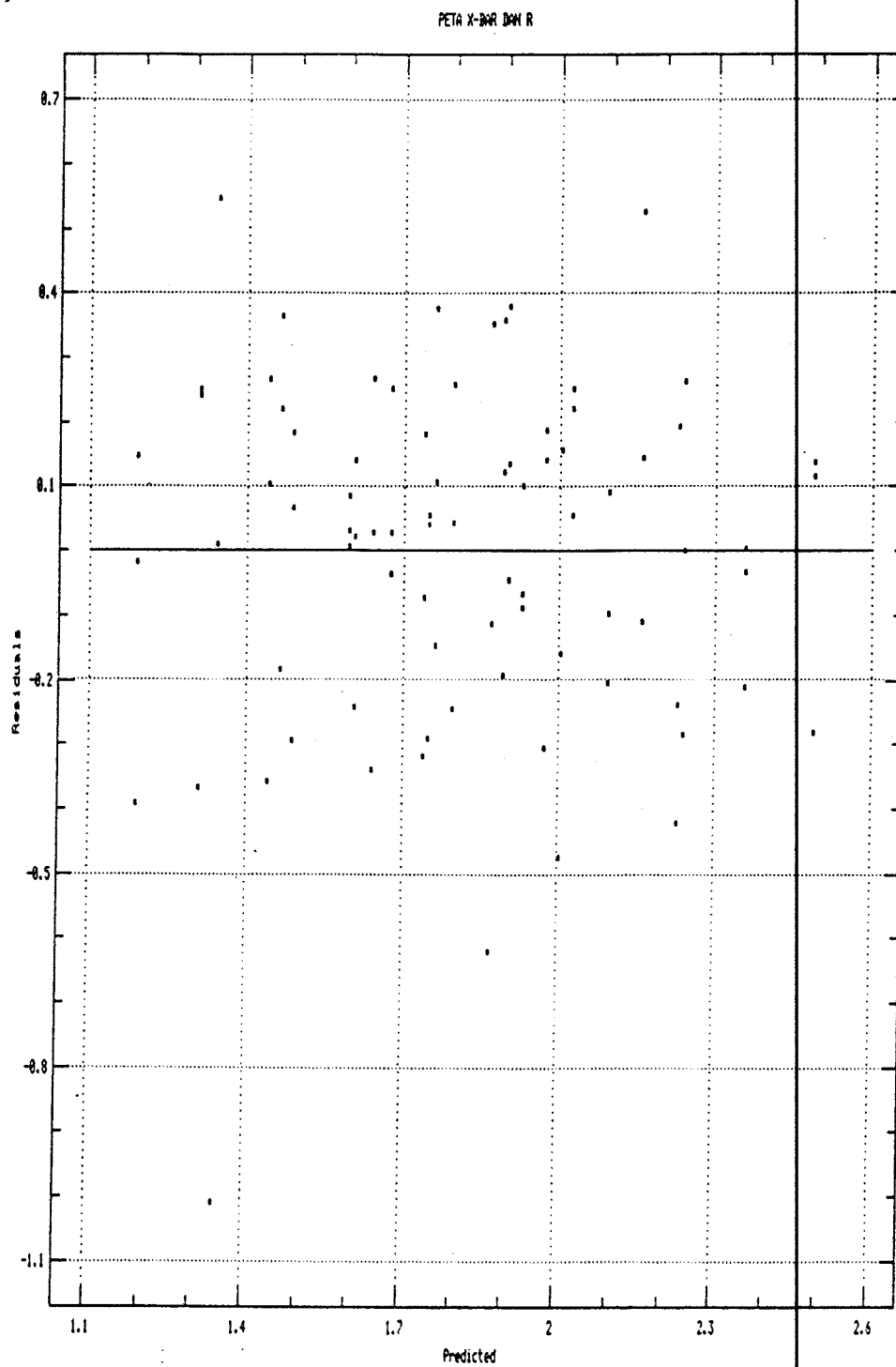
Berdasarkan grafik identik dan independen, baik untuk permukaan maupun tepi, menunjukkan bahwa residual tersebar merata diantara garis horisontal, sehingga asumsi Identik dan Independen terpenuhi.



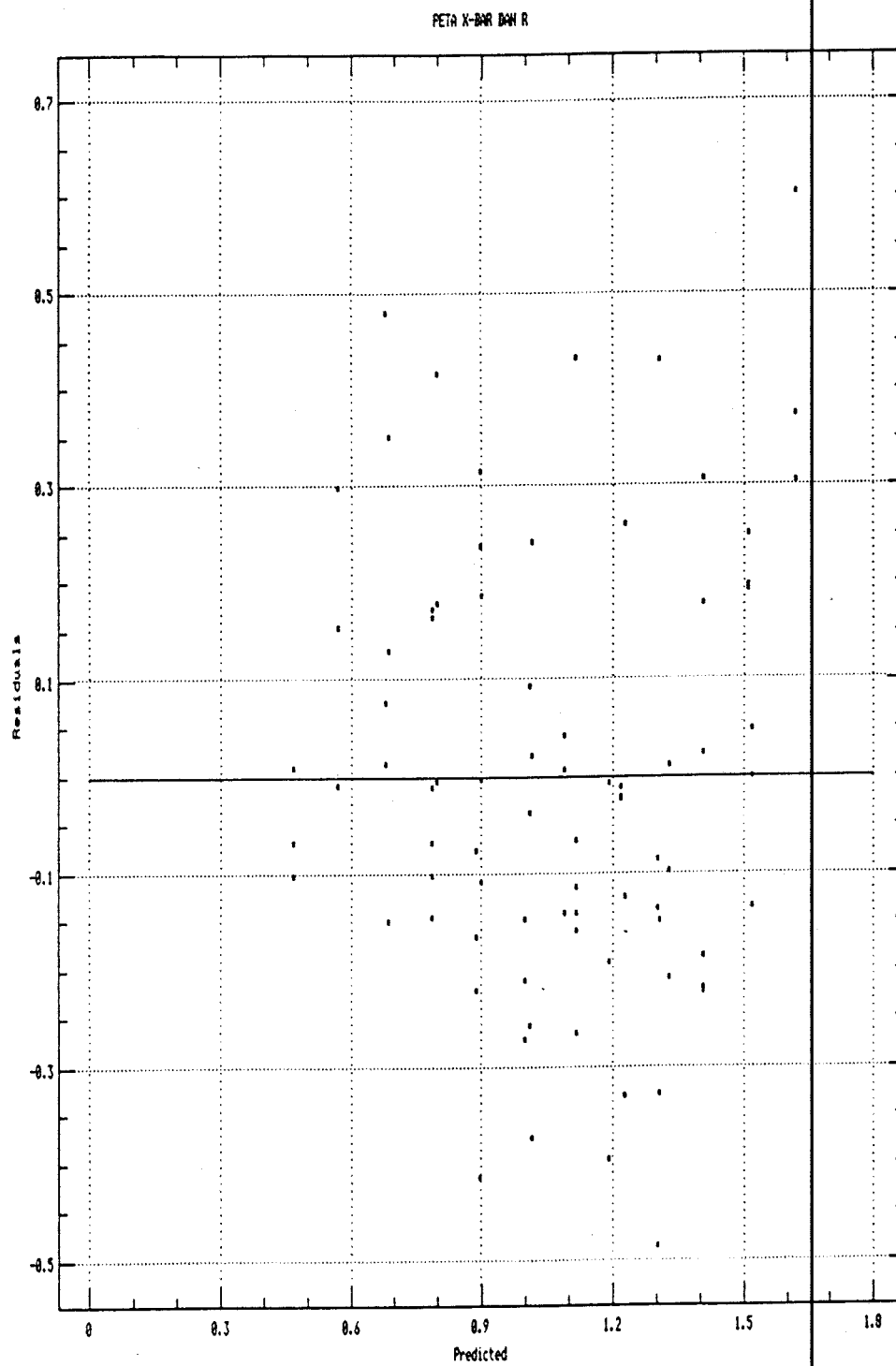
Grafik 4. Distribusi Normal untuk Permukaan



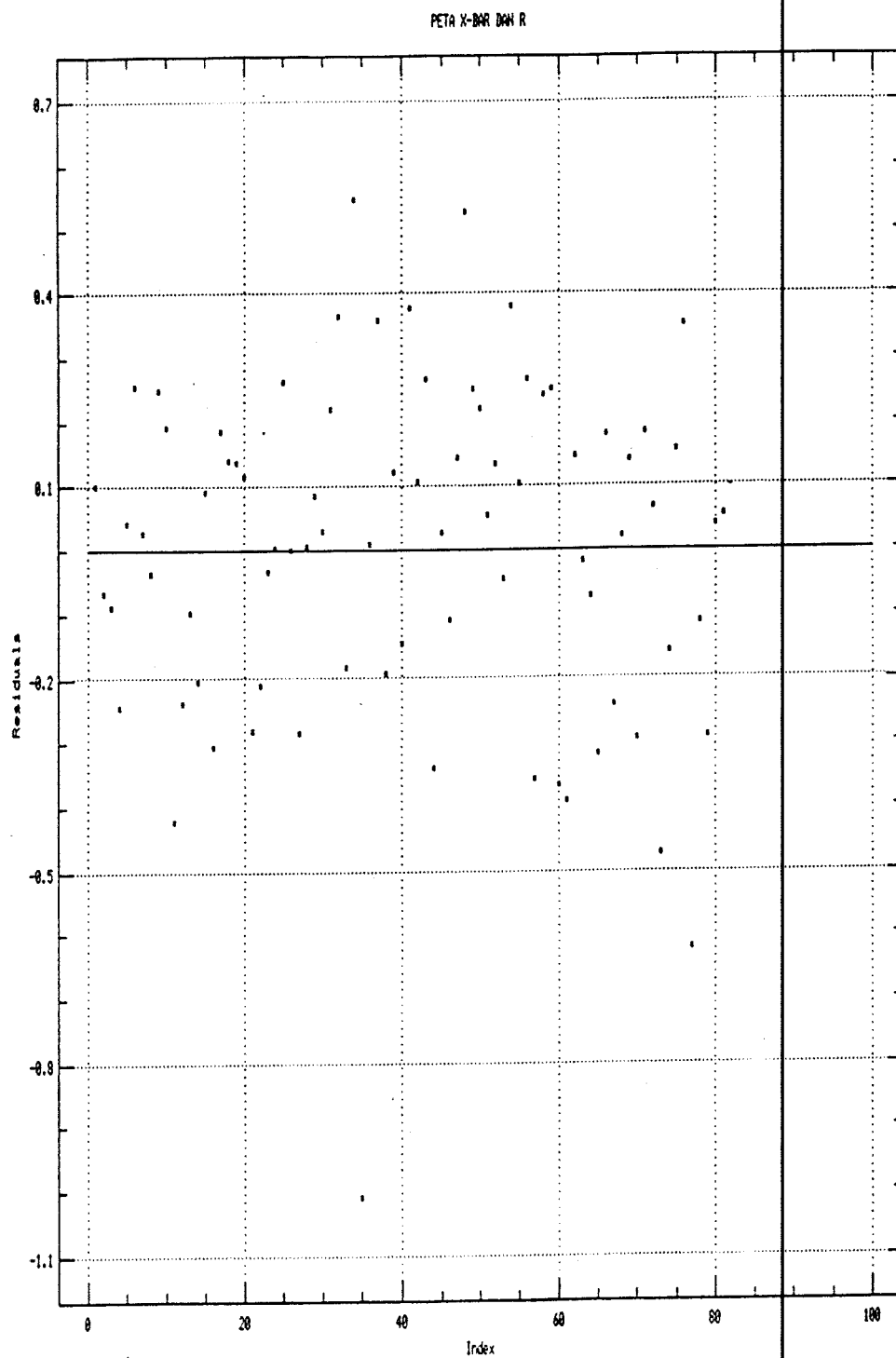
Grafik 5. Distribusi Normal untuk Tepi



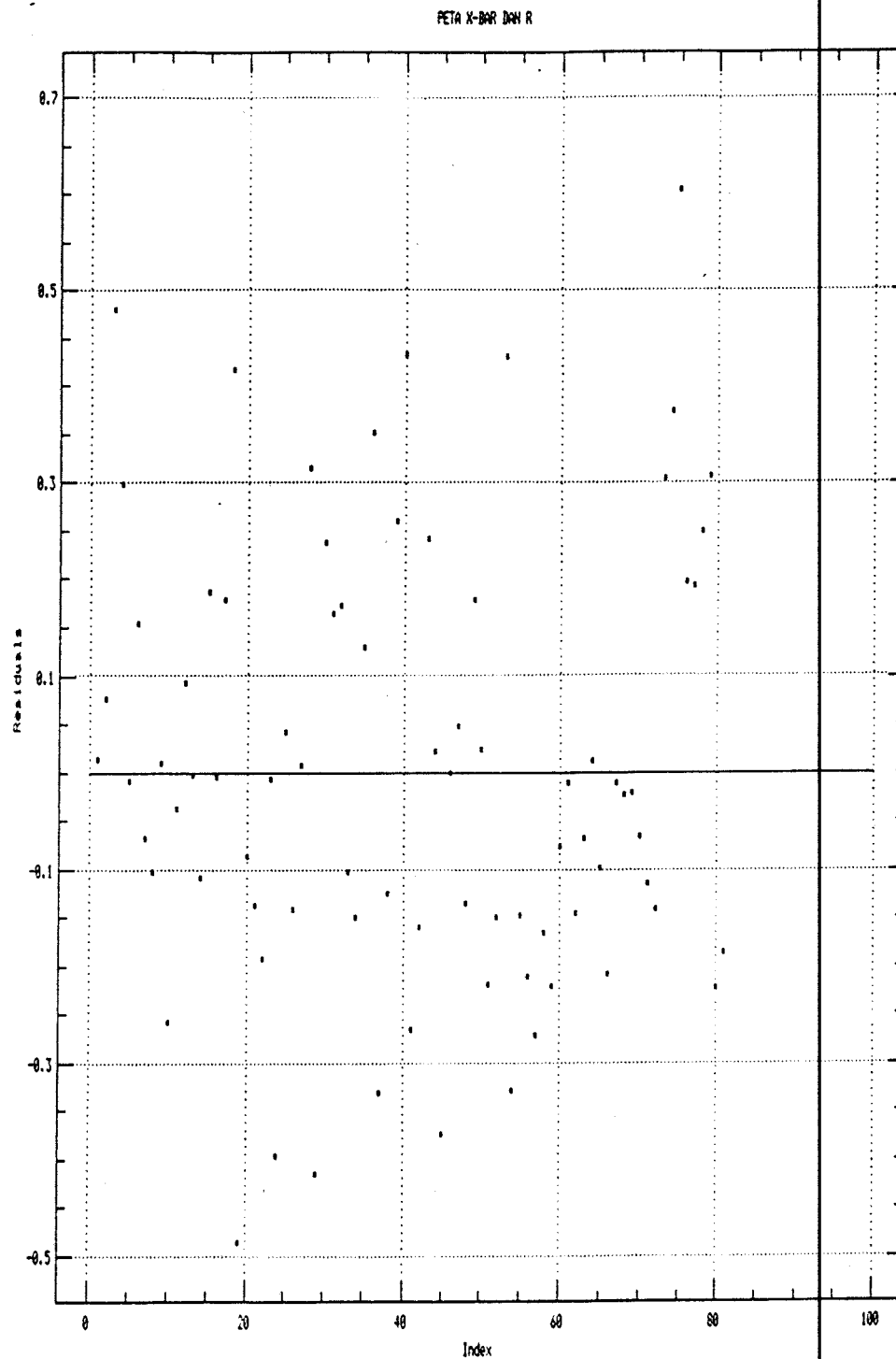
Grafik 6. Identik untuk Permukaan



Grafik 7. Identik untuk Tepi



Grafik 8. Independen untuk Permukaan



Grafik 9. Independen untuk Tepi

4.1. Analisis Variansi

4.1.1. Untuk Permukaan Alur

Berdasarkan analisis variansi yang dilakukan dengan software Statgraf 5.0 dihasilkan tabel ANOVA.

Analysis of Variance for LNMUKA.var4 - Type III Sums of Squares					
Source of variation	Sum of Squares	d.f.	Mean square	F-ratio	Sig. level
MAIN EFFECTS					
A:LNMUKA.var1	4.2511659	2	2.1255829	24.076	.0000
B:LNMUKA.var2	.8810609	2	.4405305	4.990	.0103
C:LNMUKA.var3	3.6197173	2	1.8098587	20.500	.0000
INTERACTIONS					
AB	.0635415	4	.0158854	.180	.9478
AC	.2147293	4	.0536823	.608	.6586
BC	.1318852	4	.0329713	.373	.8266
ABC	.0554701	8	.0069338	.079	.9996
RESIDUAL	4.7675014	54	.0882871		
TOTAL (CORRECTED)	13.985072	80			

Tabel 4. Tabel Analisis Variansi untuk Permukaan

Berdasar tabel tersebut terlihat pada kolom sig. level bahwa untuk pengaruh utama D_4 (waktu tinggal diam), V (kecepatan pemotongan) dan F (kecepatan pemakanan) menunjukkan angka nol dan dibawah 0.05, sehingga tolak H_0 dan terima H_1 . Hal ini berarti bahwa variabel-variabel tersebut berpengaruh secara nyata terhadap kekasaran permukaan. Sedangkan pada interaksi harga-harga pada kolom sig. level menunjukkan

lebih dari 0.05, sehingga tolak H_1 dan terima H_0 . Hal ini berarti bahwa tidak ada pengaruh interaksi terhadap kekasaran permukaan.

4.1.2. Untuk Tepi Alur

Berdasarkan analisis variansi yang dilakukan dengan software Statgraf 5.0 dihasilkan tabel ANOVA.

Source of variation	Sum of Squares	d.f.	Mean square	F-ratio	Sig. level
MAIN EFFECTS					
A:LNTEPI.var1	5.2260971	2	2.6130486	58.418	.0000
B:LNTEPI.var2	.6102132	2	.3051066	6.821	.0023
C:LNTEPI.var3	1.4399087	2	.7199544	16.096	.0000
INTERACTIONS					
AB	.0773448	4	.0193362	.432	.7847
AC	.9810868	4	.2452717	5.483	.0009
BC	.0927822	4	.0231956	.519	.7224
ABC	.4854958	8	.0606870	1.357	.2366
RESIDUAL	2.4154150	54	.0447299		
TOTAL (CORRECTED)	11.328344	80			

Tabel 5. Tabel Analisis Variansi untuk Tepi

Berdasar tabel tersebut terlihat pada kolom sig. level bahwa untuk pengaruh utama D_4 (waktu tinggal diam), V (kecepatan pemotongan) dan F (kecepatan pemakanan) menunjukkan angka nol dan dibawah 0.05, sehingga tolak H_0 dan terima H_1 . Hal ini berarti bahwa variabel-variabel tersebut berpengaruh terhadap kekasaran permukaan. Sedangkan pada interaksi

harga-harga pada kolom sig. level menunjukkan lebih dari 0.05, kecuali pada interaksi F dan D_4 , sehingga tolak H_1 dan terima H_0 . Hal ini berarti bahwa tidak ada pengaruh interaksi terhadap kekasaran permukaan. Perkecualian pada interaksi F dan D_4 .

4.2. Analisis Regresi

4.2.1. Untuk Permukaan Alur

Setelah dilakukan analisis regresi didapatkan tabel analisis regresi dan analisis variansi.

Analysis of Variance for the Full Regression					
Source	Sum of Squares	DF	Mean Square	F-Ratio	P-value
Model	8.44409	3	2.81470	39.1143	.0000
Error	5.54098	77	0.0719608		
Total (Corr.)	13.9851	80			

Tabel 6. Tabel Analisis Variansi Regresi untuk Permukaan

Dari tabel analisis variansi untuk regresi terlihat bahwa P-value menunjukkan harga nol, hal ini berarti model dapat diterima secara mutlak.

Berdasarkan tabel model fitting result didapatkan koefisien-koefisien untuk model persamaan regresi, sehingga model persamaan regresi tersebut adalah sebagai berikut :

$$\ln R = 12.195 + 1.382 \ln F - 1.388 \ln V - 0.302 \ln D_4$$

Model fitting results for: LNMUKA.var4				
Independent variable	coefficient	std. error	t-value	sig. level
CONSTANT	12.195254	1.68607	7.2329	0.0000
LNMUKA.var1	1.381642	0.179955	7.6777	0.0000
LNMUKA.var2	-1.388249	0.40031	-3.4679	0.0009
LNMUKA.var3	-0.302257	0.044388	-6.8095	0.0000
R-SQ. (ADJ.) = 0.5884 SE= 0.268255 MAE= 0.203989 DurbinWat= 2.268				
Previously: 0.0000 0.000000 0.000000 0.000000 0.000				
81 observations fitted, forecast(s) computed for 0 missing val. of dep. var.				

Tabel 7. Tabel Hasil Fitting Model untuk Permukaan

4.2.2. Untuk Tepi Alur

Setelah dilakukan analisis regresi didapatkan tabel analisis regresi dan analisis variansi.

Analysis of Variance for the Full Regression					
Source	Sum of Squares	DF	Mean Square	F-Ratio	P-value
Model	7.25425	3	2.41808	45.7015	.0000
Error	4.07409	77	0.0529103		
Total (Corr.)	11.3283	80			

Tabel 8. Tabel Analisis Variansi Regresi untuk Tepi

Dari tabel analisis variansi untuk regresi terlihat bahwa P-value menunjukkan harga nol, hal ini berarti model dapat diterima secara mutlak.

Model fitting results for: LNTEPI.var4				
Independent variable	coefficient	std. error	t-value	sig. level
CONSTANT	9.356123	1.445765	6.4714	0.0000
LNTEPI.var1	1.531469	0.154307	9.9248	0.0000
LNTEPI.var2	-1.161919	0.343257	-3.3850	0.0011
LNTEPI.var3	0.198301	0.038061	5.2100	0.0000
R-SQ. (ADJ.) = 0.6264 SE= 0.230022 MAE= 0.177880 DurbinWat= 1.753				
Previously: 0.0000 0.000000 0.000000 0.000000 0.000				
81 observations fitted, forecast(s) computed for 0 missing val. of dep. var.				

Tabel 9. Tabel Hasil fitting Model untuk Tepi

Berdasarkan tabel model fitting result didapatkan koefisien-koefisien untuk model persamaan regresi, sehingga model persamaan regresi tersebut adalah sebagai berikut :

$$\ln R = 9.356 + 1.531 \ln F - 1.162 \ln V + 0.198 \ln D_4$$

Model-model persamaan regresi tersebut berlaku ideal di dalam dan di sekitar ruang contohnya.

BAB 5

KESIMPULAN

Berdasarkan percobaan, pengujian dan analisis data yang dilakukan, didapatkan kesimpulan sebagai berikut :

1. Dengan menambah kecepatan pemakanan maka bertambah pula angka kekasaran permukaan yang didapatkan. Hal ini berlaku pada permukaan maupun tepi alur.
2. Dengan menambah kecepatan pemotongan maka didapatkan penurunan angka kekasaran permukaan. Hal ini berlaku baik pada permukaan maupun tepi alur.
3. Dengan menambah waktu tinggal diam maka didapatkan penurunan angka kekasaran permukaan. Hal ini berlaku pada permukaan alur. Sedangkan pada tepi alur berlaku sebaliknya.
4. Dari hasil percobaan didapatkan hasil permukaan terbaik yaitu :
 - untuk permukaan alur dengan $R_a = 1.4 \mu\text{m}$ pada kondisi pemotongan
 $F = 0.05 \text{ mm/rev}$; $V = 60 \text{ m/min}$ dan $D_4 = 5 \text{ detik}$.
 - untuk tepi alur dengan $R_a = 1.44 \mu\text{m}$ pada kondisi pemotongan
 $F = 0.05 \text{ mm/rev}$; $V = 60 \text{ m/min}$ dan $D_4 = 1 \text{ detik}$.
5. Berdasarkan analisis regresi maka didapatkan permodelan persamaan regresi yang menunjukkan hubungan antara kondisi pemotongan dengan kekasaran permukaan pada proses pembuatan alur dengan menggunakan mesin bubut

dengan material AISI 1045, sebagai berikut :

- untuk permukaan alur :

$$\ln R = 12.195 + 1.382 \ln F - 1.388 \ln V - 0.302 \ln D_4$$

- untuk tepi alur :

$$\ln R = 9.356 + 1.531 \ln F - 1.162 \ln V + 0.198 \ln D_4$$

Model- model persamaaan tersebut berlaku ideal di dalam dan di sekitar ruang contohnya.

PENUTUP

Dengan segala keterbatasan pengetahuan dan pengalaman yang dimiliki dan mungkin kurang sempurnanya penulisan dan kurang sempurnanya data-data yang dibuat, maka disadari dengan sepenuhnya bahwa Tugas Akhir ini masih jauh dari kesempurnaan.

Apabila dalam penulisan Tugas Akhir ini terdapat kesalahan baik dalam tata bahasa maupun pembahasannya, maka dengan segala kerendahan hati, penulis mohon maaf dan dengan senang hati penulis akan menerima saran dan kritik yang diberikan.

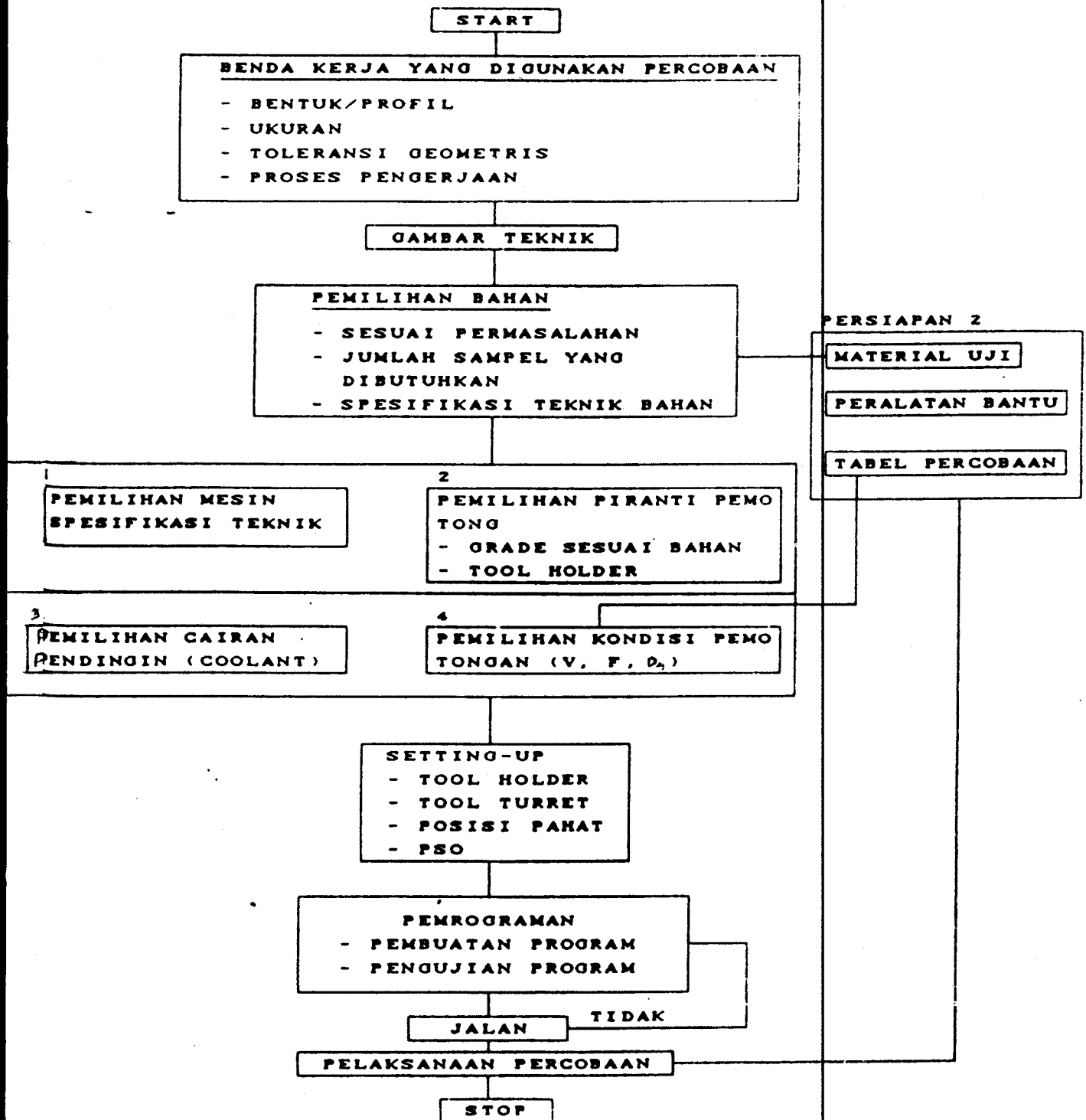
Akhirnya kepada semua pihak yang telah membantu baik secara langsung maupun tidak langsung telah membantu kelancaran dalam penyusunan Tugas Akhir ini penulis ucapkan banyak terima kasih.

DAFTAR PUSTAKA

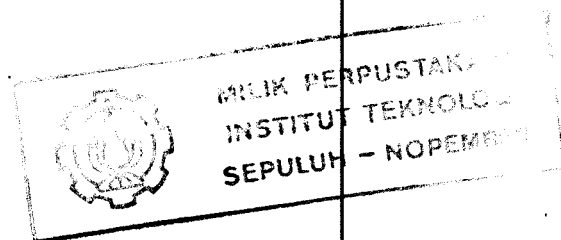
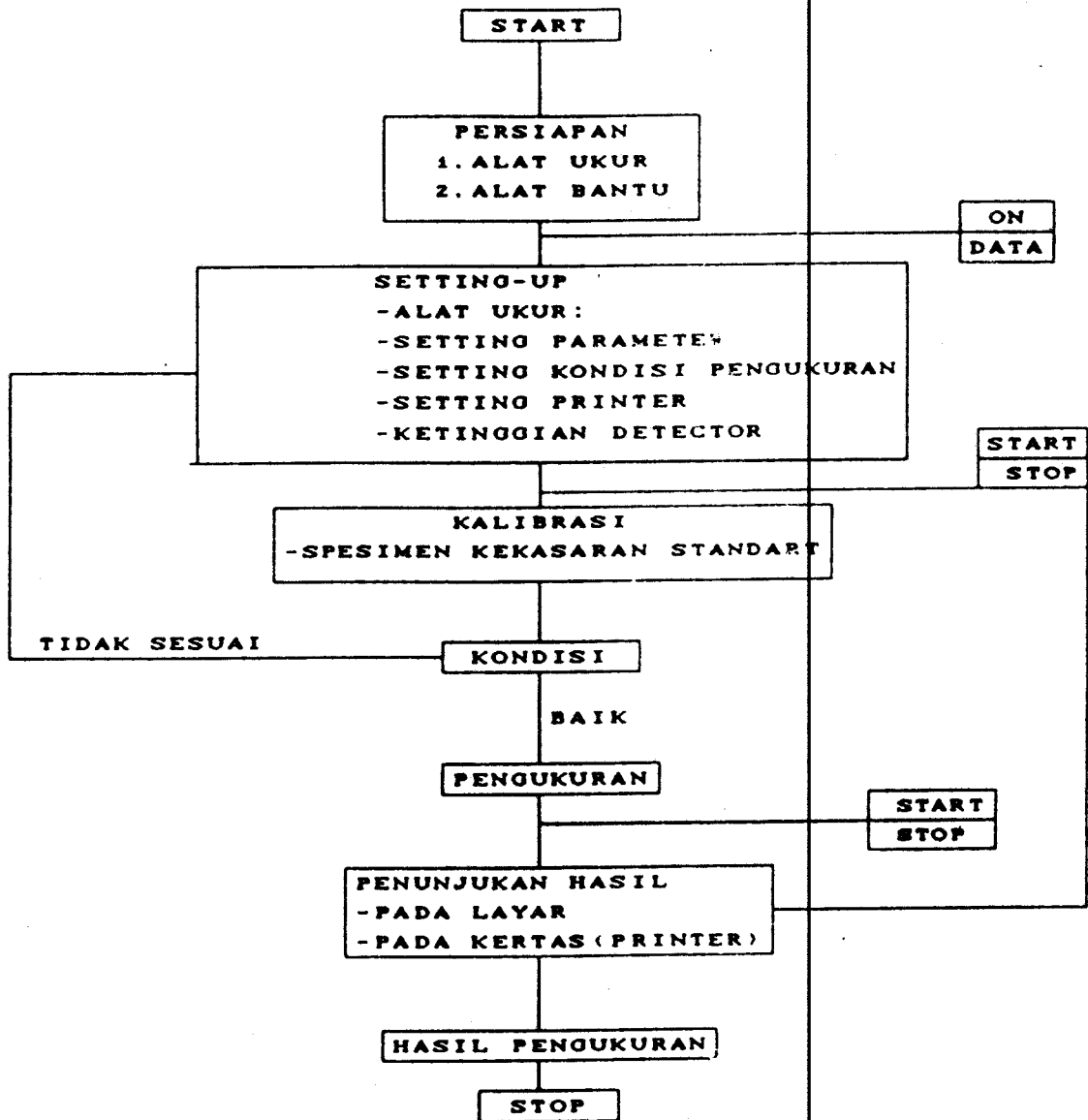
1. Boothroyd, G. *Fundamental of Metal Machining and Machine Tool*.
Singapore : Mac Graw Hill, 1985.
2. Kovan, V. *Fundamental of Process Engineering*.
3. Maslov, D. *Engineering Manufacturing Process in Machine and Assembly Shops*.
4. Rochim, Taufik. *Teori dan Teknologi Permesinan*. Bandung : ITB, 1985.
5. Wilson, F.W. *Fundamental of Tool Design*. New Delhi : Prentice-Hall of India Private Limited, 1984.
6. Soedjono, B.A. dkk. (trans). Hollebrandse, J.J.M., *Teknik Pemrograman dan Aplikasi CNC*.
7. EMCO MAIER. *Petunjuk Pemrograman dan Pelayanan EMCO PU-2A*.
Austria : EMCO MAIER, Co, 1988.
8. Oberg, E. , Jones, F.D. & Hoerton, H.L. *Machinery's Handbook*.
22nd edition. New York : Industrial Press Inc. 1984.
9. American Society of Tool and Manufacturing Engineers . *Handbook of Industrial Metrology*. New Delhi : Prentice Hall of India Private Limited. 1967..
10. Mitutoyo. *Operation Manual of Surftest 301 series 178*.
11. Sudjana. *Disain dan Analisis Eksperimen*. Edisi Ketiga. Bandung : Tarsito. 1994.
12. Walpole, R.E. & Myers, R.H. *Probability and Statistic for Engineers and Scientists*. 1993.

13. Nugroho, P.A. T.A. : *Analisis Pengaruh Kondisi Pemotongan Pada Proses Bubut Baja AISI 1045 Dengan Mesin Bubut CNC terhadap Kekasaran Permukaan*. Surabaya : D3 T Mesin ITS. 1995.
14. Drapper, N. R. & Smith, H. *Applied Regression Analysis*. 2nd Edition. John Willey & Sons. 1992.

DIAGRAM ALIR PERCOBAAN



FLOW CHART PENGUKURAN

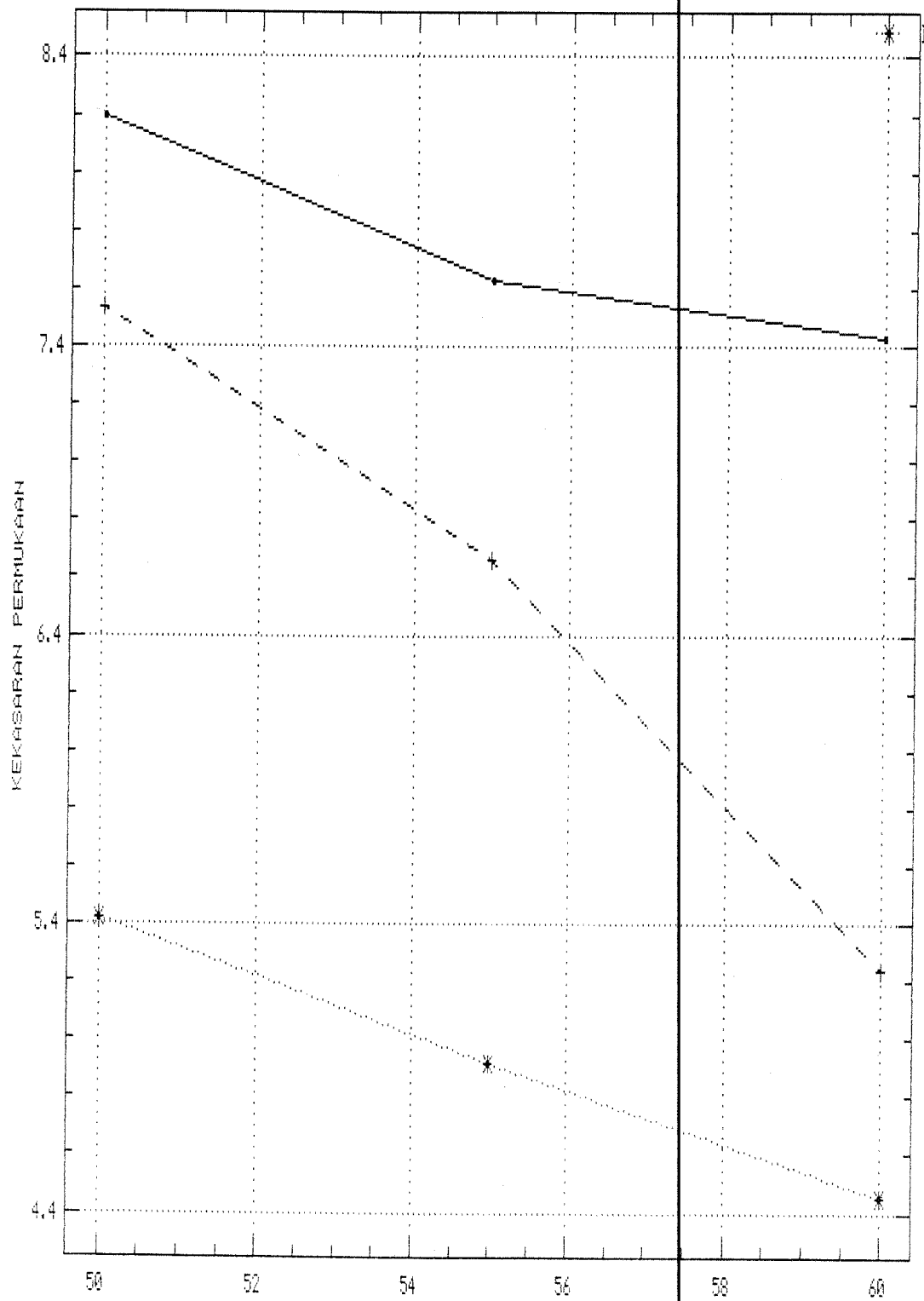


GRAFIK HUBUNGAN KECEPATAN POTONG DENGAN
KEKASARAN PERMUKAAN

—•— D4=10

-+ D4=30

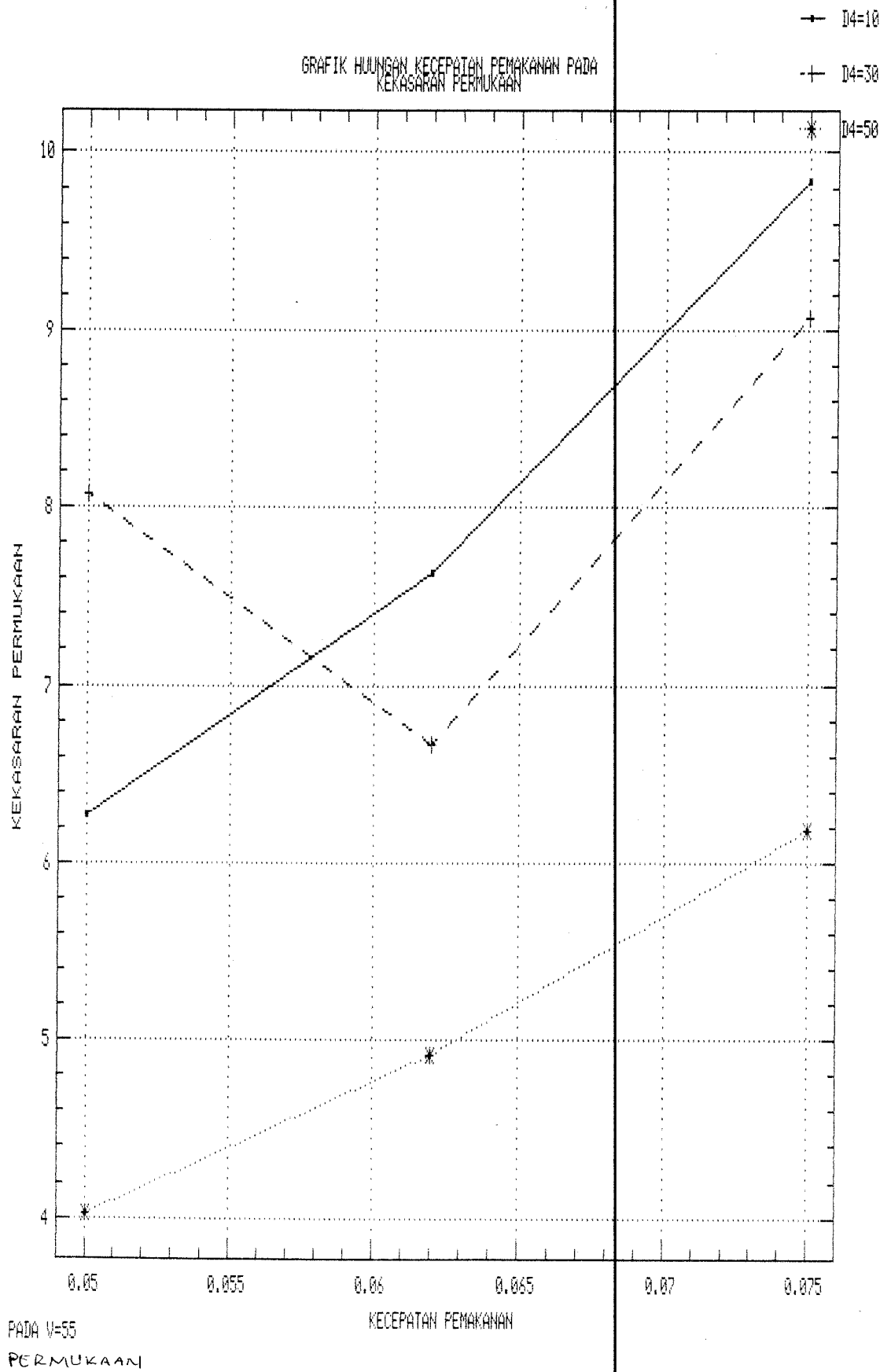
* D4=50



PADA $F=0.062$

PERMUKAAN

GRAFIK HUBUNGAN KECEPATAN PEMAKANAN PADA
KEKASARAN PERMUKAAN

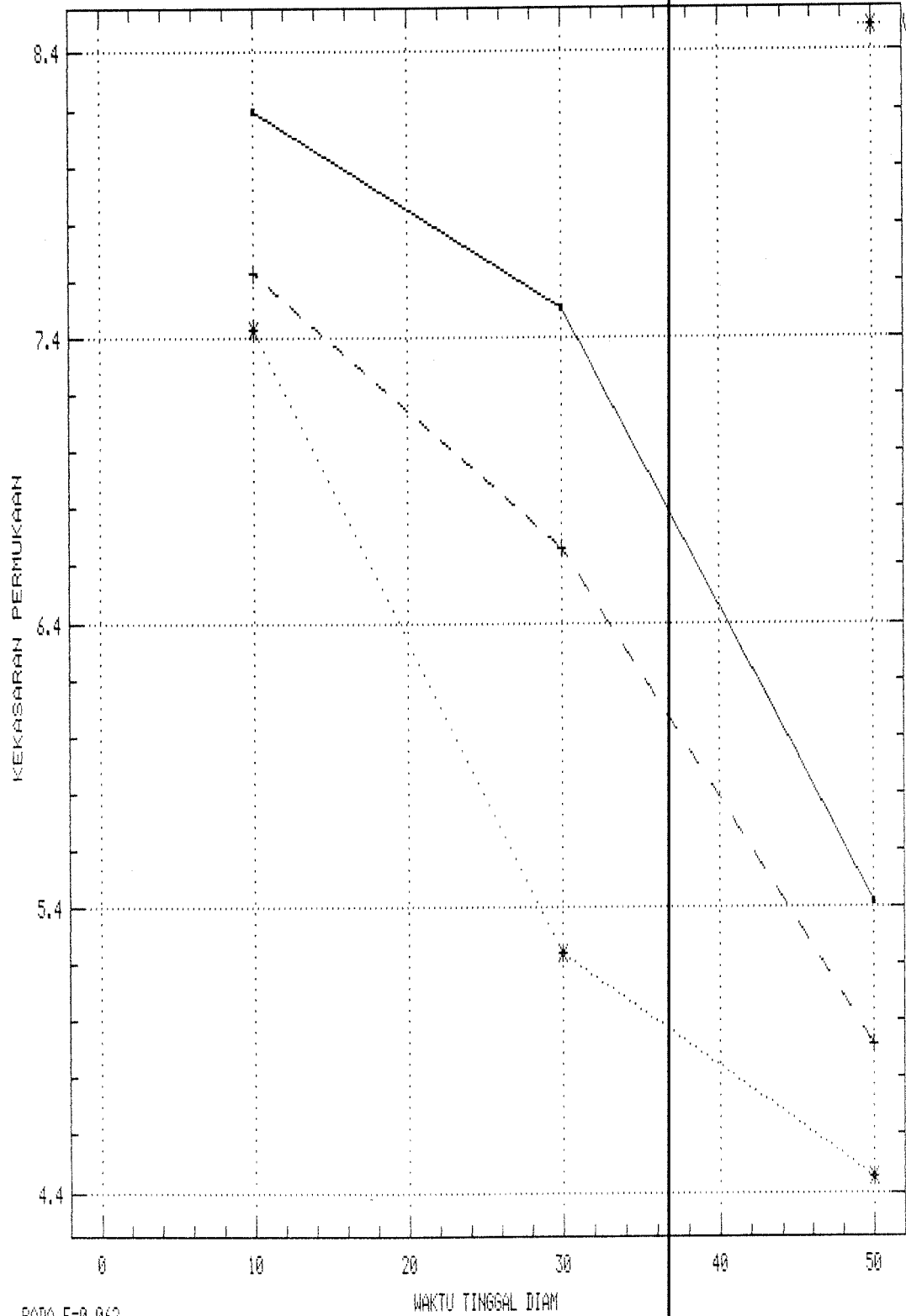


GRAFIK HUBUNGAN WAKTU TINGGAL DIAM
DENGAN KEKASARAN PERMUKAAN

—+— $V=50$

—+— $V=55$

* $V=60$



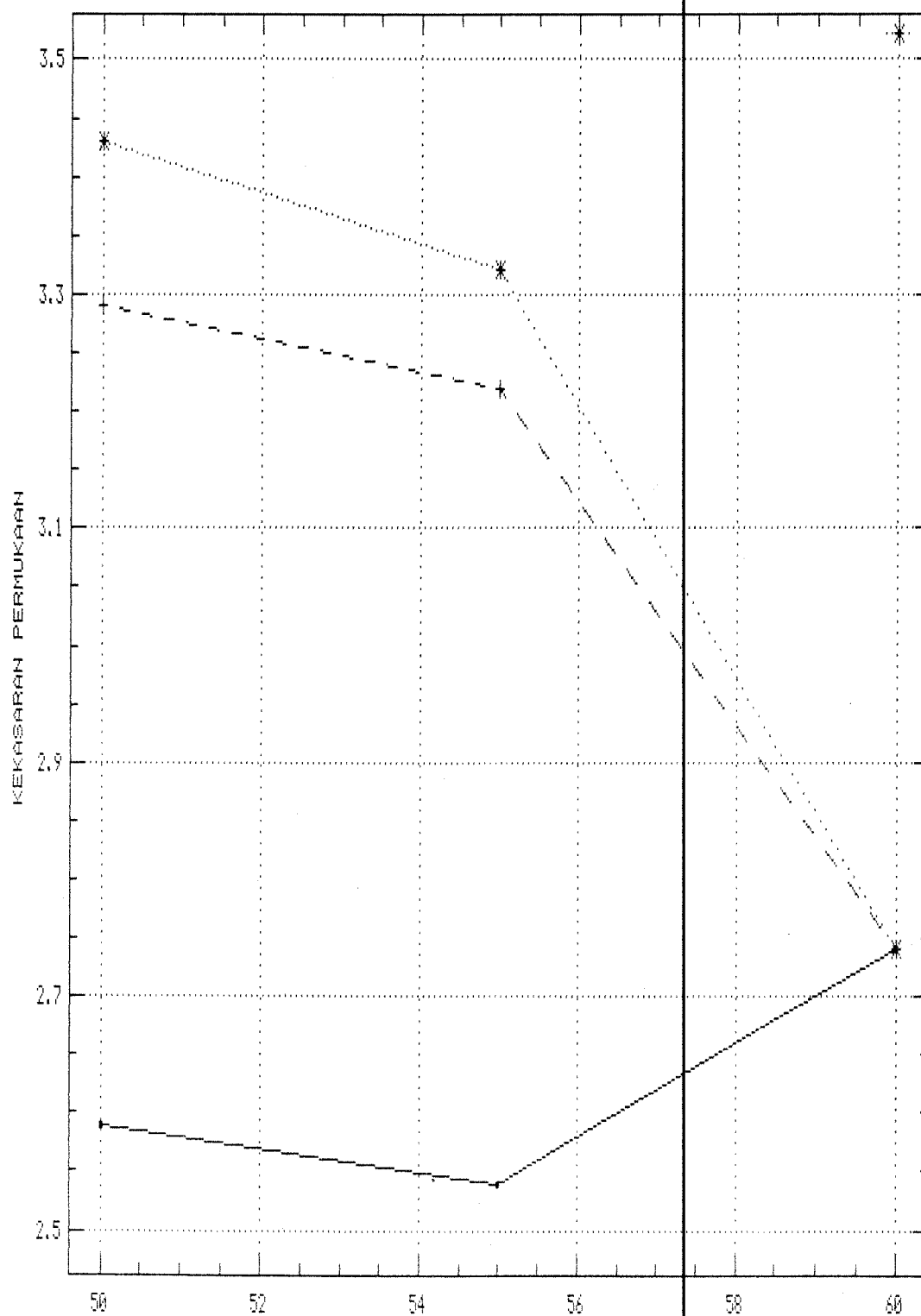
PADA $F=0.062$
PERMUKAAN

GRAFIK HUBUNGAN KECEPATAN POTONG DENGAN
KEKASARAN PERMUKAAN

—•— D4=10

-+ D4=30

* D4=50



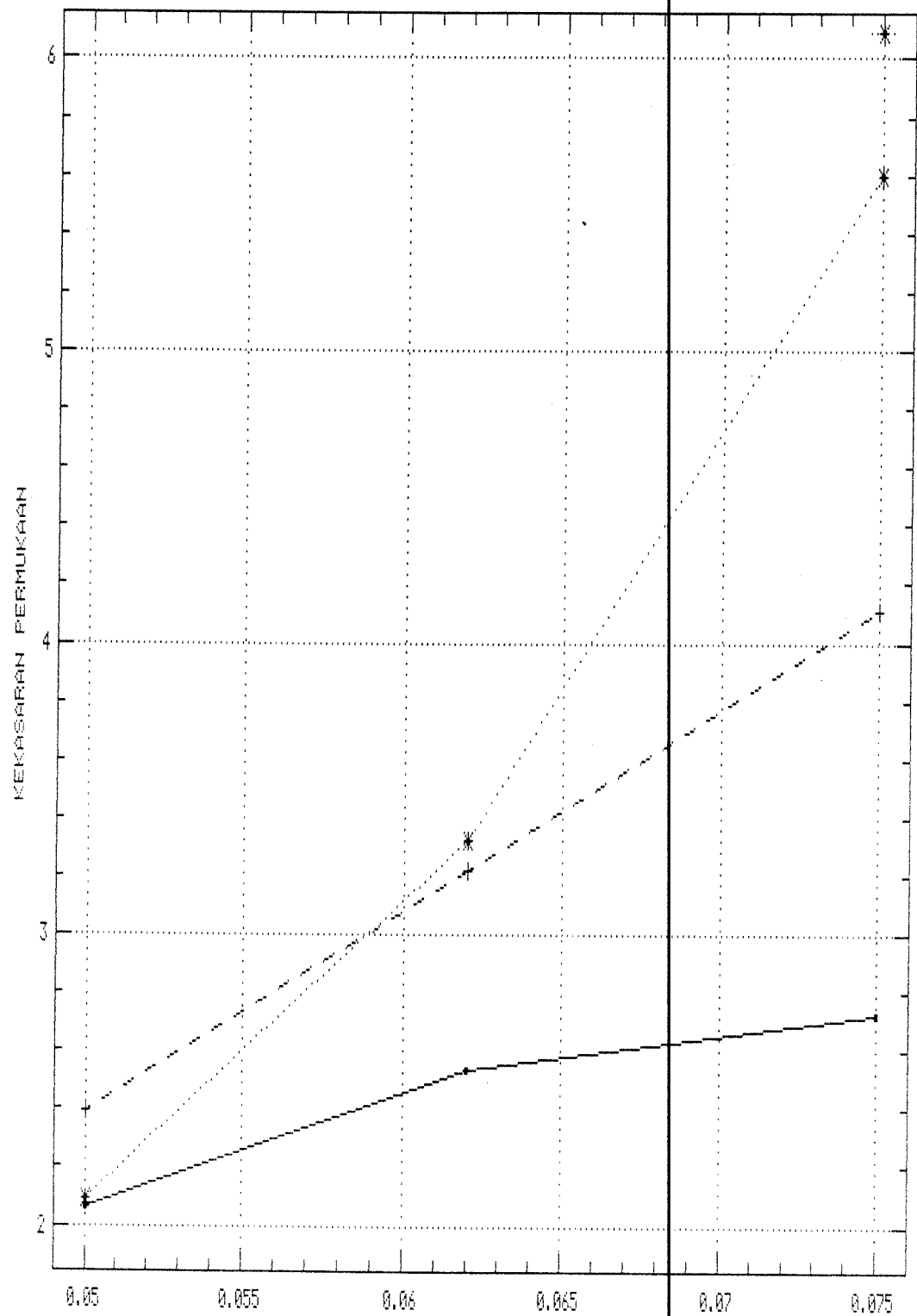
PADA $F=0.062$
TEPI ALUR

GRAFIK HUBUNGAN KECEPATAN MAKAN DENGAN
KEKASARAN PERMUKAAN

—•— D4=10

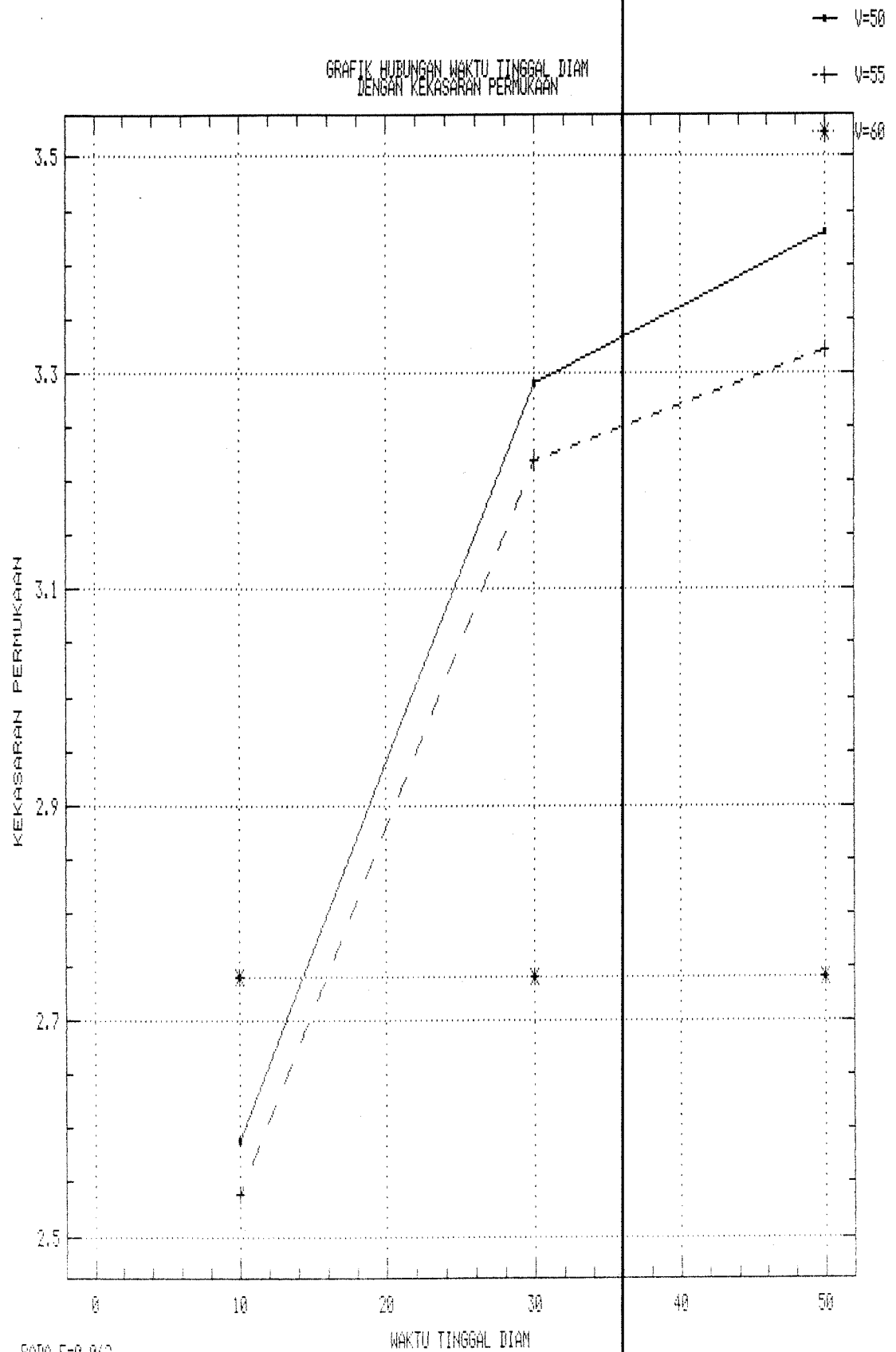
-+ D4=30

* D4=50



PADA $V=55$
TEPI ALUR

GRAFIK HUBUNGAN WAKTU TINGGAL DIAM
DENGAN KEKASARAN PERMUKAAN



PADA $F=0.062$
TEPI ALUR

PROGRAM DASAR PENGALURAN

N4	G86	X,U ± 43	Z,W ± 43	D ₃ 5	D ₄ 5	D ₅ 5
		(mm)	(mm)	(μm)	(μm)	(μm)

Keterangan :

N4	Nomor blok program
G86	Siklus pengaluran
X,U	Koordinat titik sudut kontur K
Z,W	Koordinat titik sudut kontur K
D ₃	Penyelaman tiap pemotongan
D ₄	Waktu tinggal diam
D ₅	Lebar pahat

PROGRAM PENGALURAN PADA PERCOBAAN

N00 G 55 G 92 X 0.000 Z 185.000
 N10 G 59
 N20 T 0404 G 95 G 96 M 04
 N30 G 00 X 27.000 Z -20.000 M 08
 N40 G 86 X 18.000 Z -32.000 D₃ = 3500 D₄ = 0 D₅ = 3000 S 50.000
 F 50.000
 N50 G 00 W -17.000
 N60 G 86 X 18.000 Z -49.000 D₃ = 3500 D₄ = 0 D₅ = 3000 S 55.000
 F 50.000
 N70 G 00 W -17.000
 N80 G 86 X 18.000 Z -66.000 D₃ = 3500 D₄ = 0 D₅ = 3000 S 60.000
 F 50.000
 N90 G 00 W -17.00
 N100 G 86 X 18.000 Z -83.000 D₃ = 3500 D₄ = 0 D₅ = 3000 S 50.000
 F 62.000
 N110 G 00 W -17.000
 N120 G 86 X 18.000 Z -100.000 D₃ = 3500 D₄ = 0 D₅ = 3000 S 55.000
 F 62.000
 N130 G 00 W -17.000
 N140 G 86 X 18.000 Z -117.000 D₃ = 3500 D₄ = 0 D₅ = 3000 S 60.000
 F 62.000
 N150 G 00 W -17.000
 N160 G 86 X 18.000 Z -134.000 D₃ = 3500 D₄ = 0 D₅ = 3000 S 50.000
 F 75.000
 N170 G 00 W -17.000
 N180 G 86 X 18.000 Z -151.000 D₃ = 3500 D₄ = 0 D₅ = 3000 S 55.000
 F 75.000
 N190 G 00 W -17.000
 N200 G 86 X 18.000 Z -168.000 D₃ = 3500 D₄ = 0 D₅ = 3000 S 60.000
 F 75.000
 N210 G 00 X 100.000 Z 100.000
 N220 G 53 G 56 T 0000
 N230 M 30

POSITION SHIFT OFFSET

	X	Y	X
1	0	0	111.64
2	0	0	137.81
3	0	0	0
4	0	0	0
5	0	0	185

Pembagian kelompok dan status mula dari fungsi fungsi G

Kelompok 0	•	G00: Gerakan cepat G01: Interpolasi linear G02: Interpolasi melingkar searah jarum jam G03: Interpolasi melingkar dalam lawan arah jarum jam G04: Tinggal diam G33: Pemotongan ulir G84: Silus pembubutan memanjang dan melintang G85: Siklus pemotongan ulir G86: Siklus pengaluran G87: Siklus pemboran dengan pemutusan total G88: Siklus pemboran dengan pemutusan total dan kembali ke titik awal	
Kelompok 1	**	G96: Kecepatan potong konstan G97: Jumlah putaran konstan	
Kelompok 2	**	G94: Data asutan dalam mm/menit atau 1/100 inchi / menit G95: Data asutan dalam μ m / putaran atau 1/ 0.000 inchi / putaran	
Kelompok 3	**	G53: Pembatalan penggeseran 1 dan 2 G54: Pemanggilan penggeseran 1 G55: Pemanggilan penggeseran 2	
Kelompok 4	•	G92: 1. Pembatasan kecepatan putaran 2. Pemanggilan penggeseran 5	
Kelompok 5	**	G56: Pembatalan penggeseran 3, 4, 5 G57: Pemanggilan penggeseran 3 G58: Pemanggilan penggeseran 4 G59: Pemanggilan penggeseran 5	
Kelompok 6	•	G25: Pemanggilan sub program G26: Pemanggilan program poligon G27: Lompatan tanpa sarat	
Kelompok 7	<input type="checkbox"/>	G70: Data ukuran dalam inchi G71: Data ukuran dalam mm	
Kelompok 8	**	G40: Netralisasi penggeseran jalannya alat potong G41: Penggeseran jalannya alat potong disebelah kiri G42: Penggeseran jalannya alat potong disebelah kanan	

• Efektif secara blok

** Status mula

☐ Status mula yang dapat ditentukan dalam mode monitor pemakai (MON)

Pembagian kelompok dan status mula dari fungsi fungsi M.

Kelompok 0	•	M03: Putaran sumbu utama searah jarum jam M04: Putaran sumbu utama berlawanan arah jarum jam M05: Sumbu utama berhenti M19: Sumbu utama berhenti tepat	
Kelompok 1	**	M38: Berhenti tepat, aktif M39: Berhenti tepat, batal	
Kelompok 2	•	M00: Berhenti terprogram M17: Sub program berakhir M30: Program berakhir dan kembali keawal program	
Kelompok 3	**	M08: Pendingin hidup M09: Pendingin mati	
Kelompok 5		M25: Alat pencekam membuka M26: Alat pencekam menutup	
Kelompok 6		M20: Sumbu kepala lepas mundur M21: Sumbu kepala lepas maju	
Kelompok 7	**	M23: Penangkap benda kerja mundur M24: Penangkap benda kerja maju	
Kelompok 8	<input type="checkbox"/>	M50: Pembatalan logik arah revolver pahat M51: Pemilihan logik arah revolver pahat	
Kelompok 9	<input type="checkbox"/>	M52: Pembatalan pintu pelindung tatal otomatis M53: Pengaktifan pintu pelindung tatal otomatis	

• Efektif secara blok

** Status mula

☐ Status mula dapat ditentukan dalam mode Monitor pemakai (MON)

CATATAN: Realisasi dari masing masing fungsi M, disesuaikan dengan perlengkapan perangkat keras masing masing mesin.

Parameter D dalam program

Kemungkinan masukan: 0 - 32.767

Parameter		Default Option
D ₀	G84: Kelebihan ukuran dalam X(U) [μm]	Tak ada kelebihan ukuran dalam X(U)
D ₁	TIDAK TERPAKAI	----
D ₂	G84: Kelebihan ukuran dalam Z(W) [μm]	Tak ada kelebihan ukuran dalam Z(W)
D ₃	G84: Pembagian pemotongan [μm]	Tak ada pembagian tiap pemotongan
	G85: Parameter mode [μm], []	----
	G86: Kedalaman tiap pemotongan [μm]	Tak ada kedalaman tiap pemotongan
	G87: Kedalaman pemboran pada pemotongan ke 1 [μm]	Tak ada pembagian pemotongan
	G88: Kedalaman pemboran pada pemotongan ke 1 [μm]	Tak ada pembagian pemotongan
D ₄	G04: Tinggal diam [1/10 detik]	Tak ada tinggal diam
	G85: Jumlah pemotongan kosong []	Jumlah pemotongan kosong yang ditentukan pada monitor pemakai
	G86: Tinggal diam. [1/10 detik]	Tanpa tinggal diam
	G87: Tinggal diam. [1/10 detik]	Tanpa tinggal diam
	G88: Tinggal diam. [1/10 detik]	Tanpa tinggal diam
D ₅	G85: Sudut ulir [°]	Pemakanan masuk tegak lurus
	G86: Lebar pahat [μm]	----
	G87: Prosentase pengurangan dalamnya pemotongan [%]	Tanpa pengurangan dalamnya pemotongan
	G88: Prosentase pengurangan dalamnya pemotongan [%]	Tanpa pengurangan dalamnya pemotongan
D ₆	G85: Dalamnya ulir [μm]	----
	G86: Dalamnya pemboran minimal [μm]	Tanpa dalamnya pemboran minimal
	G87: Dalamnya pemboran minimal [μm]	Tanpa dalamnya pemboran minimal
D ₇	G85: Parameter mode []	Lihat G85

Perhatikanlah parameter D dalam monitor pemakai MON

Adres dan ukuran masukkannya

Adres	metrik	inci
Adres jalannya X, Y absolut	\pm [mm]	\pm [inchi]
Adres jalannya U, W inkremental	\pm [mm]	\pm [inchi]
Parameter interpolasi busur melingkar I, K	\pm [mm]	\pm [inchi]
1. F-Kisar ulir (G33, G85)	[μ m]	[1/10000 inchi]
2. F-asutan tiap menit (G94)	[mm/men]	[1/100 inchi/men]
3. F-asutan tiap putaran (G95)	[μ m/put]	[1/10000 inchi/put]
1. S-Pemrograman jumlah putaran (G97)	[pu/men]	[pu/men]
2. S-Pembatasan jumlah putaran (G92)	[pu/men]	[pu/men]
3. S-Kecepatan potong (G96)	[m/men]	[inchi/men]
4. S-Sumbu utama berhenti tepat (M19)	[°]	[°]

Schaftausführung
Type of shank
Exécution de la tige

Klemmung
Clamping method
Le serrage

Holderform
Style
Forme de poignée

Schmittrichtung
Hand of tool
Direction de coupe

--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

Schneidentlänge
Edge length
Longueur de l'arête

S

32

U

S

S

K

C

R

12

80	100	110	125	140	150	160	170	180	200	250	300
F	H	J	K	L	M	N	P	Q	R	S	T

Werkzeuggestänge
Tool length
Longueur de la tige

Winkel
Corner angle
Angle

3°	5°	7°	15°	20°	25°	30°	0°	1-18°	0°

Winkel
Angle
Angle

--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

Form
Shape
Forme

85°V
55°D
75°E
80°C
88°M
55°K
52°B
85°A

CH O R W
CH O S

Plattenform
Distinctive mark
Forme de plaquette

40° IN 15° ID
50° AV 20° IE
55° IB 25° IF
75° IC 30° IG
14°

Freiwinkel-Wpl.
Clearance angle
Angle de dépouille pour plaquettes amovible

1/2 IN 1/2 IN 1/2 IN

0.005	0.005	0.005	FA
0.005	0.005	0.005	FB
0.015	0.005	0.005	FC
0.015	0.005	0.015	FD
0.005	0.005	0.005	FE
0.005	0.015	0.005	FF
0.005	0.025	0.015	FG
0.015	0.025	0.015	FH
0.025	0.025	0.015	FI
0.025	0.035	0.015	FJ
0.035	0.035	0.015	FK
0.035	0.035	0.015	FL
0.035	0.035	0.015	FM
0.035	0.035	0.015	FN
0.035	0.035	0.015	FO
0.035	0.035	0.015	FP
0.035	0.035	0.015	FQ
0.035	0.035	0.015	FR
0.035	0.035	0.015	FS
0.035	0.035	0.015	FT
0.035	0.035	0.015	FU
0.035	0.035	0.015	FV
0.035	0.035	0.015	FW
0.035	0.035	0.015	FX
0.035	0.035	0.015	FY
0.035	0.035	0.015	FZ

Toleranzen
Tolerance
Tolérance

Merkm
Distinctive mark
Marque distinctive

Schneidenlänge
Edge length
Longueur de l'arête coupante

Plattenstärke
Tip thickness
Épaisseur de plaquette

Eckenradius
Corner radius
Rayon de pointe

Schnitt-
richtung
Cutting
direction
Direction
de coupe

T

P

U

N

22

04

12

4

3

3

ASA und BHMA Abweichung gegenüber ISO
ASA and BHMA variation from ISO
Divergences ASA et BHMA envers ISO

Merkm
Feature of form
Marque distinctive

Symbole wie oben
Änderungen bei K < 1/4"
Symbols as stated above
alterations on VC smaller
than 1/4" (6,35 mm)
Marques distinctives comme
en haut. Modifications au bords
Intérieur (CI) < que 1/4"

1/4"	1/4"	1/4"	1/4"
N	E	M	-
F	L	G	K
A	D	X	-

Schneidenlänge
Edge length
Longueur de l'arête coupante

Inch.	2"
3/4"	3"
1/2"	4"
3/8"	5"
1/4"	6"
3/16"	8"

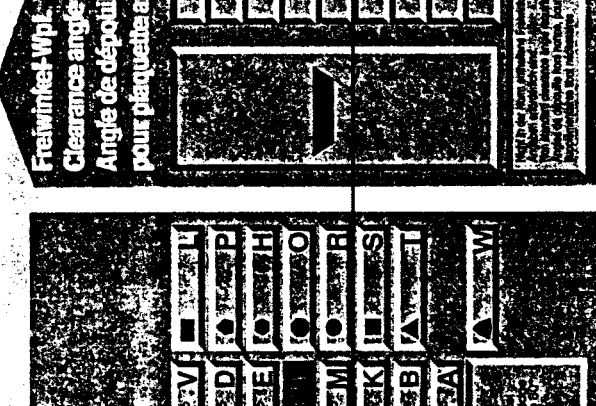
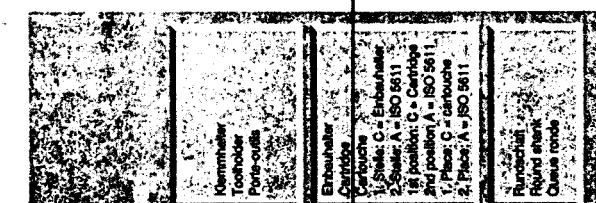
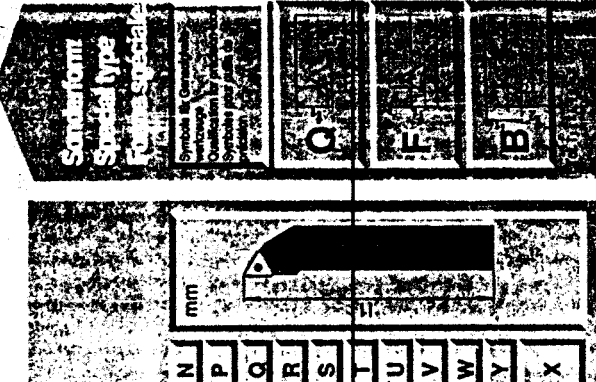
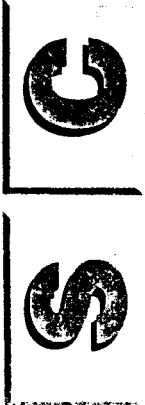
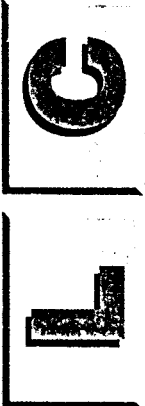
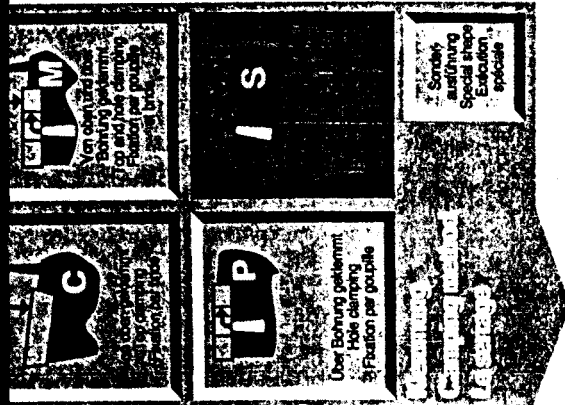
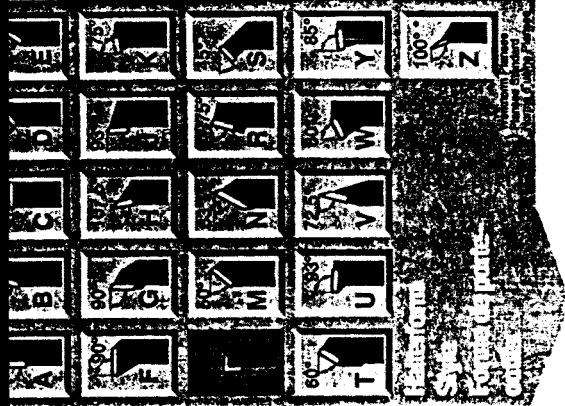
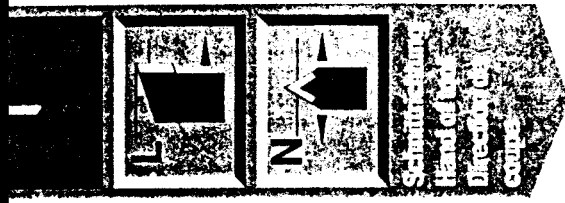
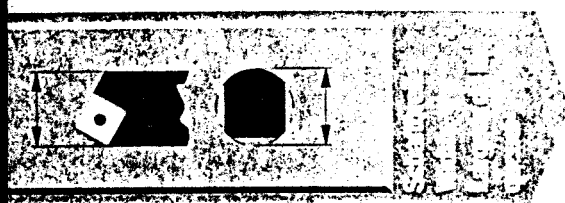
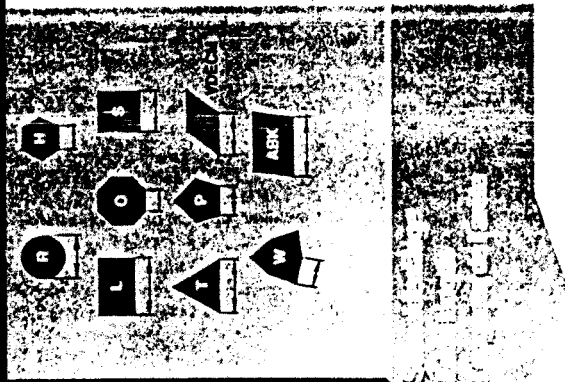
Plattenstärke
Tip thickness
Épaisseur de plaquette

Inch.	2"
1/8"	3"
3/16"	4"
1/4"	5"
5/16"	6"
3/8"	8"

Eckenradius
Corner radius
Rayon de pointe

Inch.	2"
1/8"	3"
1/32"	4"
3/64"	5"
1/16"	6"
3/32"	8"
1/8"	10"

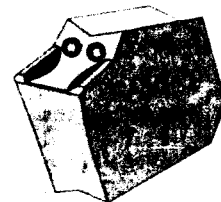
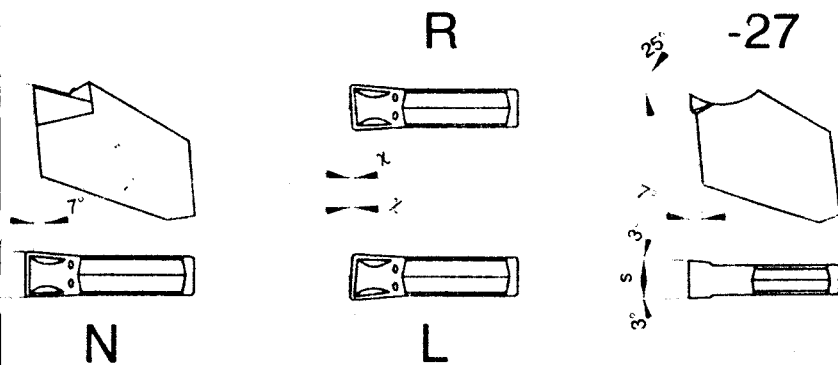
Für besondere Formen der
Spanleitzug kann an der
10. Stelle ein firmeninterner
Code eingeführt werden.
Special chipgroove shapes
can be indicated by an internal
company coding system at the
10th position.
Pour les formes spéciales
de rainure à l'arrière de la
plaque, un code interne de
fabricant peut être utilisé.



Ab- und Einstechen
-FX

parting off inserts -FX
parting and grooving

Plaquette de tronçonnage
-FX pour le tronçonnage
et le rainurage



Bestellbezeichnung Ordering description ref.	mm		Lager / Stock / Stock					Module Modules Modules	Seite Page Page
	s	χ	Sr127	Sr137	Gm40	S40T	H10T		
MX22SN-FX	2,2	—	x	x	x	x		MSS E... R/L ... FX2.2	22 ↓ 23
MX22SR-FX		4°	x	x	x	x			
MX22SL-FX		4	x	x	x	x			
MX22FN-FX-27		—					x		
MX31SN-FX	3,1	—	x	x	x	x		MSS E... R/L ... FX3.1	
MX31SR-FX		6°	x	x	x	x			
MX31SL-FX		6	x	x	x	x			
MX31FN-FX-27		—					x		
MX41SN-FX	4,1	—	x	x	x	x		MSS E... R/L ... FX4.1	
MX41SR-FX		6°	x	x	x	x			
MX41SL-FX		6°	x	x	x	x			
MX41FN-FX-27		—					x		
MX51SN-FX	5,1	—	x	x	x	x		MSS E... R/L ... FX5.1	
MX51SR-FX		6°	x	x	x	x			
MX51SL-FX		6°	x	x	x	x			
MX65SN-FX	6,5	—	x	x	x	x		MSS E... R/L ... FX6.5	
MX65SR-FX		6°	x	x	x	x			
MX65SL-FX		6°	x	x	x	x			
MX82SN-FX	8,2	—	x	x	x	x		—	
MX97SN-FX	9,7	—	x	x	x	x		—	

Beispiel:
10 pcs. LEMX22SN-FX Sr127

Ordering example:
10 pcs. LEMX22SN-FX Sr127

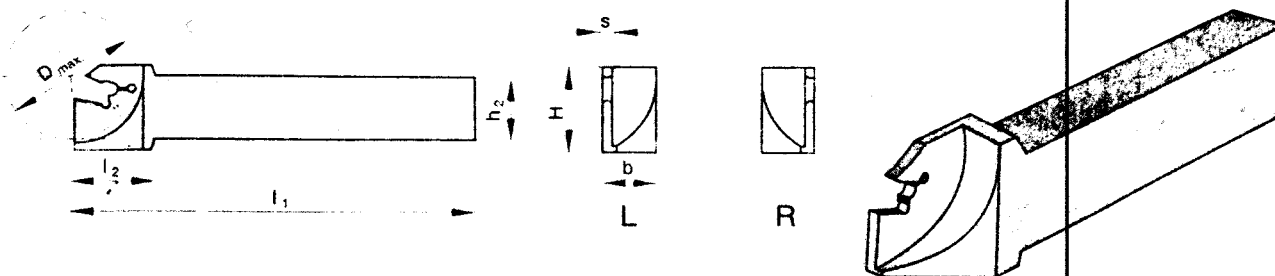
Exemple de commande:
10 pièces LEMX22SN-FX Sr127

Internationales TIZIT-Programm,
aktuelle Liefermöglichkeit siehe
Preisliste

x = International TIZIT-range, for
availability refer the current price list

x = Programme international TIZIT, pour
disponibilité de stock actuel voir tarif

PLANSEE



Zeichnung zeigt Linksausführung
Drawing illustrates left hand execution
Le dessin représente l'exécution à gauche

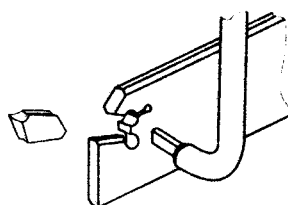
Teilbezeichnung Parting description Ref.	mm							Stechplatten Parting inserts Plaquettes de tranchage	Seite Page Page
	h ₁ =h ₂	b	l ₁	l ₂	H	s	D _{max.}		
ER/L1010M22-FX	10	10	150	19,4	21	2,2	30	LEMX22	-FX
ER/L1212F22-FX	12	12	80	21,0					
ER/L1212M22-FX			150	19,4					
ER/L1414M22-FX	14	14							
ER/L1612H22-FX	16	12	100	21,0	25	3,1	30	LFMX31	-FX
FR/L1612H31-FX	16	12	100	21,4			40		
FR/L2016K31-FX	20	16	125	26,4	26		50		
FR/L2520M31-FX	25	20	150	35,2	34	4,1	40	LFMX41	-FX
FR/L2016K41-FX	20	16	125	26,4	26		50		
FR/L2520M41-FX	25	20	150	35,2	34		50		

Beispiel:
XLCER1010M22-FX

Ordering example:
1 pc. XLCER1010M22-FX

Exemple de commande:
1 pièce XLCER1010M22-FX

Teile und Zubehör Parts and Accessories Des de rechange	Auswerfer Ejector-key Clé à poignée
Stück / pc. / pièce	1
ER/L1010M22-FX	78 02 180
ER/L1212F22-FX	
ER/L1212M22-FX	
ER/L1414M22-FX	
ER/L1612H22-FX	78 02 181
FR/L1612H31-FX	
FR/L2016K31-FX	
FR/L2520M31-FX	
FR/L2016K41-FX	
FR/L2520M41-FX	



Auswerfer zum Wechseln des Schneideinsatzes.
Ejector-key for cutting inserts.
Clé à poignée pour éjecter la plaquette de coupe.

ISO Coromant carbide grades for turning

			Basic grades	Supplementary grades	Grades for special application
P Steel, cast steel, long chipping malleable iron	Basic grades S1P P10 P30 Finishing and light roughing of steel and cast iron. High favourable conditions. High cutting speed and feed. Best used without coolant. Suitable for copying and chamfering. GC015 P15 P10 P20 P30 For finishing and light roughing of steel, cast iron and long chipping nodular cast iron. The extremely high wear resistance permits very high metal removal rates for all work applications. GC135 P35 P30 P30 P40 Medium to heavy roughing of steel, steel castings, nodular cast iron and nodular irons. Can be used under unfavourable conditions. Comparatively high cutting speed and feed, very high wear resistance. All round grade for most work on steel.	Supplementary grades GC1025 P25 P10 P20 P30 Light and medium roughing of steel, steel castings, nodular iron, nodular iron. High cutting speed and, especially, high feed. Very high wear resistance. S6 P40 P30 Heavy roughing of steel, stainless steel and steel castings. Difficult conditions. Low cutting speed, heavy feed, large cutting depth. Grades for special applications F02 P01 Finishing of steel and steel castings. Stable surface. Very high cutting speed, low feed. S2 P20 P10 Light to medium roughing of steel and steel castings. Less favourable conditions. Moderate cutting speed and feed. Suitable for copying. S4 P30 P40 Medium to heavy roughing of steel and steel castings. Unfavourable conditions. Moderate cutting speed, heavy feed. R4 M40 P50 Heavy roughing of steel and steel castings. Very difficult conditions. Low cutting speed, heavy feed.	01 C8 10 15 C7 20 25 30 C6 35 40 C5 50		F 02 S2 S4 S35 S6 R4
M Steel, cast steel, manganese steel, alloy cast iron, austenitic steels, malleable iron, free-cutting steel	Basic grades R1P M10 Finishing and light roughing of high temperature alloys and stainless steel, such as nuclear reactor components. High resistance to notch wear. Comparatively high cutting speed, moderate feed. GC015 M20 M10 M30 Finishing and medium roughing of rolled or forged alloy steel. Operates at comparatively high cutting speed. GC135 M15 M10 M20 M30 Finishing and light roughing of heat resistant alloys. High cutting edge strength. Relatively high cutting speed and moderate feed. High wear resistance. R4 M40 Finishing and roughing of austenitic stainless steels, duplex and stainless steels with difficult rolling or casting skin. Low cutting speed, heavy feed. Very resistant to edge chattering during intermittent machining.	Supplementary grades GC1025 P25 M10 M20 M30 Light and heavy roughing of rolled or forged alloy steel with an austenitic structure. Comparatively high cutting speed and feed. Suitable for certain types of free cutting steels. S6 P40 M30 M40 Light and heavy machining of austenitic stainless steels and stainless materials with rolling or casting skin. For difficult machining conditions. Grade for special applications SH M20 M10 M30 Heavy roughing of steel and steel castings. The steel and ductile alloy cast iron with a long chipping on the face. Fully suitable for the turning of railway wheels. M20 M20 M30 M40 Light and rough machining of heat resistant alloys. Long life, difficult machining conditions. High cutting edge strength.	10 20 30 40		SH H 20 S6
K Cast iron, chilled cast iron, short chipping malleable iron, hardened steel, non ferrous metals, plastics, wood	Basic grades K1P K10 K01 K20 Finishing and light roughing of cast iron, ductile cast iron, ferritic and brass. Relatively high cutting speed and moderate feed. GC015 K15 K10 K20 For finishing and light roughing of high and alloy cast iron, ferritic cast iron and nodular cast iron. High wear resistance. Low chip breaking. Low chatter. The extremely high wear resistance allows very high metal removal rates for all work applications. The best results with built-in undercuts and grooves. GC135 K35 K30 K40 All round grade for machining cast iron and long chipping materials. Less favourable conditions. High cutting speed, heavy feed and high wear resistance. Supplementary grades GC1025 K25 K10 K40 Light and medium roughing of primarily high alloy cast iron and ferritic cast iron. Relatively high feed and wear resistance. M20 K20 K40 Heavy roughing of cast iron. For intermediate work. Cutting speed, heavy feed. Grade for special applications F01 K01 Finishing of cast iron. Suitable for standard cast iron. F02 K02 Finishing of cast iron. Suitable for standard cast iron. M10 K10 Light and medium roughing of cast iron. Suitable for standard cast iron.	Supplementary grades GC1025 K25 K10 K40 Light and medium roughing of primarily high alloy cast iron and ferritic cast iron. Relatively high feed and wear resistance. M20 K20 K40 Heavy roughing of cast iron. For intermediate work. Cutting speed, heavy feed. Grade for special applications F01 K01 Finishing of cast iron. Suitable for standard cast iron. F02 K02 Finishing of cast iron. Suitable for standard cast iron. M10 K10 Light and medium roughing of cast iron. Suitable for standard cast iron.	01 C4 10 C3 20 C2 30 C1		H 05 H 10 H 20

PENJELASAN TABEL :

- P 01 : Dipakai untuk finishing pada baja dan baja tuang dalam kondisi yang stabil.
Kecepatan potong sangat tinggi dengan feed yang lambat.
- P 10, P 20 : Digunakan pada pembubutan ringan dan sedang untuk baja dan baja tuang pada kondisi yang kurang menguntungkan. Medium cutting speed dan medium feed.
- P 30, P40 : Dipakai untuk pembubutan sedang dan berat pada baja dan baja tuang pada kondisi tidak menguntungkan. Medium cutting speed dengan feed berat.
- P 50 : Dipakai untuk membubut baja atau baja tuang dengan kondisi sulit. Medium cutting speed dengan feed sangat berat.
- K-01 : Dipakai untuk pembubutan halus untuk material non metal dengan sifat abrasive yang tinggi.

- K 05 : Dipakai pada pembubutan cast iron yang terdapat chilled.
- K 10 : Dipakai pada pembubutan dan threading material cor, non ferrous, fibber, plastik, hard paper, bronze, graphite.
- K 15 : Digunakan pada pembubutan cash iron dengan cutting speed sedang dan tinggi.
Digunakan untuk finishing dan pembubutan ringan.
- K 20, K 30 : Dipakai untuk pembubutan cast iron yang berat pada kondisi yang tidak menguntungkan. Kecepatan potong yang rendah dengan feed yang berat.

Sebaran-F. Tiuk 5% Atas [$F(v_1, v_2, 0.95)$]
Derajat Bebas bagi Pembilang

5%

$v_1 \backslash v_2$	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	12	15	20	24	30	40	60	120	∞
1	161.4	199.5	215.7	224.6	230.2	234.0	236.8	238.9	240.5	241.9	243.9	245.9	248.0	249.1	250.1	251.1	252.2	253.3	254.3
2	18.51	19.00	19.16	19.25	19.30	19.33	19.35	19.37	19.38	19.40	19.41	19.43	19.45	19.46	19.47	19.48	19.49	19.50	19.50
3	10.13	9.55	9.28	9.12	9.01	8.94	8.89	8.85	8.81	8.78	8.74	8.70	8.66	8.62	8.59	8.57	8.55	8.53	8.53
4	7.71	6.94	6.59	6.39	6.26	6.16	6.09	6.04	6.00	5.96	5.91	5.86	5.80	5.77	5.75	5.72	5.69	5.66	5.63
5	6.61	5.79	5.41	5.19	5.05	4.95	4.88	4.82	4.77	4.74	4.68	4.62	4.56	4.53	4.50	4.46	4.43	4.40	4.36
6	5.99	5.16	4.76	4.53	4.39	4.28	4.21	4.15	4.10	4.06	4.00	3.94	3.87	3.84	3.81	3.77	3.74	3.70	3.67
7	5.59	4.76	4.35	4.12	3.97	3.87	3.79	3.73	3.68	3.64	3.57	3.51	3.44	3.41	3.38	3.34	3.30	3.27	3.23
8	5.33	4.46	4.07	3.84	3.69	3.58	3.50	3.44	3.39	3.35	3.28	3.22	3.15	3.12	3.08	3.04	3.01	2.97	2.93
9	5.12	4.26	3.86	3.63	3.48	3.37	3.29	3.23	3.18	3.14	3.07	3.01	2.94	2.90	2.86	2.83	2.79	2.75	2.71
10	4.96	4.10	3.71	3.48	3.33	3.22	3.14	3.07	3.02	2.98	2.91	2.85	2.77	2.74	2.70	2.66	2.62	2.58	2.54
11	4.84	3.98	3.59	3.36	3.20	3.09	3.01	2.95	2.90	2.85	2.79	2.72	2.65	2.61	2.57	2.53	2.49	2.45	2.40
12	4.75	3.89	3.49	3.26	3.11	3.00	2.91	2.85	2.80	2.75	2.69	2.62	2.54	2.51	2.47	2.43	2.38	2.34	2.30
13	4.67	3.81	3.41	3.18	3.03	2.92	2.83	2.77	2.71	2.67	2.60	2.53	2.46	2.42	2.38	2.34	2.30	2.25	2.21
14	4.60	3.74	3.34	3.11	2.96	2.85	2.76	2.70	2.65	2.60	2.53	2.46	2.39	2.35	2.31	2.27	2.22	2.18	2.13
15	4.54	3.68	3.28	3.05	2.90	2.79	2.71	2.64	2.59	2.54	2.48	2.40	2.33	2.29	2.25	2.20	2.16	2.11	2.07
16	4.49	3.63	3.23	3.01	2.85	2.74	2.66	2.59	2.54	2.49	2.42	2.35	2.28	2.24	2.19	2.15	2.11	2.06	2.01
17	4.45	3.59	3.20	2.98	2.81	2.70	2.61	2.55	2.49	2.45	2.38	2.31	2.23	2.19	2.15	2.10	2.06	2.01	1.96
18	4.41	3.55	3.16	2.93	2.77	2.66	2.58	2.51	2.46	2.41	2.34	2.27	2.19	2.15	2.11	2.06	2.02	1.97	1.92
19	4.38	3.52	3.13	2.90	2.74	2.63	2.54	2.48	2.42	2.38	2.31	2.23	2.16	2.11	2.07	2.03	1.98	1.93	1.88
20	4.35	3.49	3.10	2.87	2.71	2.60	2.51	2.45	2.39	2.35	2.28	2.20	2.12	2.08	2.04	1.99	1.95	1.90	1.84
21	4.32	3.47	3.07	2.84	2.68	2.57	2.49	2.42	2.37	2.32	2.25	2.17	2.10	2.05	2.01	1.96	1.92	1.87	1.81
22	4.30	3.44	3.05	2.82	2.66	2.55	2.46	2.40	2.34	2.30	2.23	2.15	2.07	2.03	1.98	1.94	1.89	1.84	1.78
23	4.28	3.42	3.03	2.80	2.64	2.53	2.44	2.37	2.32	2.27	2.20	2.11	2.03	2.00	1.95	1.91	1.86	1.81	1.76
24	4.26	3.40	3.01	2.78	2.62	2.51	2.42	2.36	2.30	2.25	2.18	2.11	2.03	1.98	1.94	1.89	1.84	1.79	1.73
25	4.24	3.39	2.99	2.76	2.60	2.49	2.40	2.34	2.28	2.24	2.16	2.09	2.01	1.96	1.92	1.87	1.82	1.77	1.71
26	4.23	3.37	2.98	2.74	2.59	2.47	2.39	2.32	2.27	2.22	2.15	2.07	1.99	1.95	1.90	1.85	1.80	1.75	1.69
27	4.21	3.35	2.96	2.73	2.57	2.46	2.37	2.31	2.25	2.20	2.13	2.06	1.97	1.93	1.88	1.84	1.79	1.73	1.67
28	4.20	3.34	2.95	2.71	2.56	2.45	2.36	2.29	2.24	2.19	2.12	2.04	1.96	1.91	1.87	1.82	1.77	1.71	1.65
29	4.18	3.33	2.93	2.70	2.55	2.43	2.35	2.28	2.22	2.18	2.10	2.03	1.94	1.90	1.85	1.81	1.75	1.70	1.64
30	4.17	3.32	2.92	2.69	2.53	2.42	2.33	2.27	2.21	2.16	2.09	2.01	1.93	1.89	1.84	1.79	1.74	1.68	1.62
40	4.08	3.23	2.84	2.61	2.45	2.34	2.25	2.18	2.12	2.08	2.00	1.92	1.84	1.79	1.74	1.69	1.64	1.58	1.51
60	4.00	3.15	2.76	2.53	2.37	2.25	2.17	2.10	2.04	1.99	1.92	1.84	1.75	1.70	1.65	1.59	1.53	1.47	1.39
120	3.92	3.07	2.68	2.45	2.29	2.17	2.09	2.02	1.96	1.91	1.83	1.75	1.66	1.61	1.55	1.50	1.43	1.35	1.25
∞	3.84	3.00	2.60	2.37	2.21	2.10	2.01	1.94	1.88	1.83	1.75	1.67	1.57	1.52	1.46	1.39	1.32	1.22	1.00

Disalin dengan izin dari E.S. Pearson dan H.O. Hartley, *Biometrik-Tables for Statisticians*, Vol. 1, Cambridge University Press, New York, 1954.